

**LÍNEAS DE ACCIÓN PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR CAÍDA DE  
CENIZA VOLCÁNICA EN EL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA CABECERA  
MUNICIPAL DE NARIÑO, DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

**NIDIA FRANCISCA TERHAN VIVAS**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
PROGRAMA GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL  
SAN JUAN DE PASTO**

**2010**

**LÍNEAS DE ACCIÓN PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO POR CAÍDA DE  
CENIZA VOLCÁNICA EN EL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA CABECERA  
MUNICIPAL DE NARIÑO, DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

**NIDIA FRANCISCA TERHAN VIVAS**

**Asesora**

**Administradora del Medio Ambiente.  
Esp. MARTHA CECILIA OCHOA OSORIO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
PROGRAMA GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL  
SAN JUAN DE PASTO**

**2010**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero darle gracias a DIOS por guiarme siempre por el camino correcto y darme la oportunidad de poder asumir y continuar con este proyecto de vida y sacarlo adelante.

A mi madre y hermanos, les quiero dar las gracias por el afecto, apoyo incondicional, sus buenas energías en todo momento, por enseñarme a luchar en la vida, conquistar las metas que me proponga, por estar conmigo en todo momento y motivarme a seguir adelante, por brindarme su confianza y sus consejos y darme la fortaleza, estímulo necesario para la elaboración de mi trabajo, que Dios los bendiga y los proteja siempre.

A la Universidad Tecnológica de Pereira, a mis compañeros del Programa Gestión Ambiental, a los profesores y en especial a Ana Milena Hincapié, Secretaria de la Facultad de Ciencias Ambientales por su oportuno apoyo, constante colaboración y voluntad para el desarrollo y presentación de mi trabajo.

A la Administradora del Medio Ambiente, Especialista, Martha Cecilia Ochoa Osorio, por su Asesoría y orientación en el desarrollo de mi trabajo.

Al Geólogo Héctor Jaime Vásquez Morales y al Ingeniero Ambiental Carlos Andrés Sabas Ramírez, por su Asesoría, calidad humana, comprensión, apoyo y reconocimiento por mi trabajo.

En general quisiera agradecer a todas y cada una de las personas que han vivido conmigo la realización de este trabajo, con sus altos y bajos y que no necesito nombrar porque tanto ellas como yo sabemos que desde los más profundo de mi corazón les agradezco el haberme brindado todo el apoyo, colaboración, ánimo y sobre todo cariño y amistad. Que Dios los bendiga.

**Nidia Francisca Terán Vivas**

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	10
1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACION.....	11
1.1 DESCRIPCION DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	11
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA.....	13
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	13
1.5 OBJETIVOS.....	15
1.5.1 OBJETIVO GENERAL .....	15
1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	15
2. METODOLOGIA GENERAL .....	16
2.1. REVISION DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE .....	17
2.2. DISEÑO DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PRIMARIA.....	17
2.3. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PRIMARIA .....	17
2.4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	18
3. MARCO LEGAL.....	19
4. APROXIMACIONES TEÓRICO CONCEPTUALES.....	20
4.1. Amenaza.....	20
4.2. Vulnerabilidad. ....	21
4.3 Riesgo.....	21
4.4. Riesgo por amenaza - Caída de Ceniza volcánica: .....	22
4.5. Vulnerabilidad en sistemas de acueducto.....	23
4.6 Análisis de vulnerabilidad en sistemas de acueducto .....	23
4.7 Antecedentes de Erupciones volcánicas del volcán Galeras.....	24
4.8 Erupciones Históricas del Volcán Galeras, en cuanto a caída de ceniza y sus efectos.....	25
4.9 Descripción de la Amenaza en el Volcán Galeras .....	27
4.9.2 Zona de Amenaza Media. ....	29
4.9.3 Zona de Amenaza Baja.....	29
4.10. Efectos de las Amenazas Volcánicas en los sistemas de de suministro de agua.....	30

5. RESULTADOS.....	32
5.1. DIAGNOSTICO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA CABECERA MUNICIPAL DE NARIÑO .....	33
5.1.1. Características de la Cabecera Municipal de Nariño .....	33
5.2 Componentes del Sistema de Acueducto: .....	36
6. IDENTIFICACION DE LOS COMPONENTES QUE PRESENTAN MAYOR VULNERABILIDAD EN EL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA CABECERA MUNICIPAL DE NARIÑO .....	43
7. MEDIDAS DE MITIGACION POR CAIDA DE CENIZA SOBRE LOS COMPONENTES VULNERABLES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA CABECERA MUNICIPAL DE NARIÑO.....	56
8. CONCLUSIONES .....	71
9. RECOMENDACIONES.....	73
BIBLIOGRAFIA.....	75

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Metodología general para establecer líneas de acción para la mitigación del riesgo por caída de ceniza volcánica en el sistema de acueducto de la cabecera municipal de Nariño.	16
Figura 2. Tercera versión del Mapa de Amenaza del Volcán Galeras (tomado de INGEOMINAS, 1997).	28
Figura 3. Zonas de Amenaza Alta y Media del Mapa de Amenazas Volcánicas de Galeras.	30
Figura 4. Volcán Galeras, cabecera Municipal de Nariño al norte del volcán y fuente de abastecimiento (Maragato).	34
Figura 5. Vista parcial del Municipio de Nariño.	35
Figura 6. Vista aguas arriba de la rejilla de la bocatoma quebrada Maragato.	36
Figura 7. Tanque de almacenamiento en el sector de la bocatoma de Maragato.	37
Figura 8. Esquema del acueducto de la cabecera municipal de Nariño. La Cabecera Municipal se representa con el rombo azul más grande.	37
Figura 9. Bocatoma de la quebrada Santo Domingo.	38
Figura 10. Quebrada Santo Domingo (tubería esquinera) y Maragato.	39
Figura 11. Tanque desarenador (estructura posterior a la cámara de llegada).	39
Figura 12. Caseta donde se realiza el proceso de desinfección del agua.	40
Figura 13. Tanque de desinfección y el canal por donde pasa el agua.	40
Figura 14. Tanques de almacenamiento.	41

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Categorías identificadas para la actividad del Volcán Galeras.	26
Cuadro 2. Descripción y evaluación de los factores establecidos para el componente Administrativo.	46
Cuadro 3. Descripción y evaluación de los factores establecidos para el componente Operativo	49
Cuadro 4. Descripción y evaluación de los factores establecidos para el Componente Físico.	52
Cuadro 5. Comparativo antes y después de implementar las Medidas de Mitigación establecidas para el componente administrativo	59
Cuadro 6. Comparativo antes y después de implementar las Medidas de Mitigación establecidas para el componente operativo.	61
Cuadro 7. Comparativo antes y después de implementar las Medidas de Mitigación establecidas para el componente físico.	63
Cuadro 8. Identificación de Actores que intervienen en la implementación de líneas de acción para la prevención del riesgo por caída de ceniza volcánica en el sistema de acueducto de la cabecera municipal de Nariño.	66

## LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Resultados de los factores establecidos para el componente administrativo.	48
Gráfica 2. Resultados de los factores establecidos para el componente operativo	51
Gráfica 3. Resultados de los factores establecidos para el componente físico	54
Gráfica 4. Acueducto de la cabecera Municipal de Nariño	57
Gráfica 5. Comparativo antes y después de implementar las Medidas de Mitigación componente administrativo.	61
Gráfica 6. Comparativo antes y después de implementar las Medidas de Mitigación componente operativo.	63
Gráfica 7. Comparativo antes y después de implementar las Medidas de Mitigación componente físico.	65



## LISTA DE ANEXOS

	Pág
Anexo 1. Ficha para recolección de información del acueducto, Cabecera Municipal de Nariño.	78
Anexo 2. Encuestas “Análisis de Vulnerabilidad de los acueductos ante caída de ceniza volcánica.	84
Anexo 3. Identificación de la organización institucional y de la administración local.	85
Anexo 4. Identificación de la forma de operación del sistema.	86
Anexo 5. Características de la zona.	88
Anexo 6 Descripción del sistema y sus componentes.	89
Anexo 7. Vulnerabilidad administrativa.	90
Anexo 8. Vulnerabilidad operativa, debilidades en la prestación de los servicios, cantidad y calidad del agua.	91
Anexo 9. Vulnerabilidad física.	92
Anexo 10. Medidas de mitigación: vulnerabilidad física	93
Anexo 11. Medidas de mitigación: vulnerabilidad operativa	95
Anexo 12. Medidas de mitigación: vulnerabilidad administrativa	96

## ABSTRACT

The formulation of guidelines for preventing the risk from a vulnerability analysis of aqueducts in the fall of volcanic ash, is of great importance for the municipality of *Nariño* due to the presence of the *Volcán Galeras*, which can introducing frequent changes in unpredictable times. In its surroundings are located a considerable number of municipalities whose aqueduct systems may be affected, both in its physical infrastructure such as water quality, thus the community may face in this service, which can generate a health emergency and affect the population. Taking into account environmental factors and the proximity in which the municipality of *Nariño*, has decided to develop a proposal for action to reduce the vulnerability of the aqueduct system to a fall of volcanic ash. The Mayor of *Nariño* has expressed interest in supporting this study in the future serve as a starting point for programs to promote prevention and mitigation of damage to these systems and their implementation by others such as sewers, power lines and other vital, contributing to reduce the dangers that can bring eruptive events and be prepared for when they occur.

Moreover, the *Volcán Galeras* is known for its volcanic activity a potential threat to the various human settlements distributed in nine municipalities that historically have been located in the zone of influence and volcanic hazards, taking into account the benefits of agricultural and land use, resources stony and importance of water for the population. The supply of drinking water in this region may be affected by a volcanic event presentarsen and consequences such as total destruction of the system components in the areas of direct influence of the pyroclastic flows, obstructing the work of collecting, desanding, pipes driving flocs, sediment and filters by ashfall, changes in the quality of surface water catchments, pollution of rivers, streams and the destruction of access roads and transmission lines for electric power and communication.

The ash can cause clogging in pipes due to conduction and capture the pollutant load and sedimentation tanks desanding and storage. For emergency situations, resources and organization of the municipality are not appropriate because it did not have emergency plans to mitigate or properly organized.

The development of preventive measures is a significant contribution in the assessment of existing conditions of vulnerability and in future will provide guidance in the design and construction of new supply systems, it is a key element of planning, prevention and mitigation helps to ensure continuity of service and quality of drinking water supply.

## INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta que el desarrollo de medidas para disminuir la vulnerabilidad, siendo ésta la susceptibilidad o predisposición de un elemento expuesto a sufrir un daño o pérdida ante una amenaza de cierto nivel de severidad<sup>1</sup> y considerando como amenaza la caída de ceniza procedente de las erupciones del volcán Galeras y como elemento expuesto, el acueducto de la cabecera municipal de Nariño, el cual se encuentra ubicado dentro de la zona de influencia de las amenazas de este volcán de acuerdo con la Tercera versión del Mapa de Amenazas.<sup>2</sup>

El volcán Galeras es reconocido por su recurrente actividad y potencial amenaza, por consiguiente existe un riesgo de afectación sobre los sistemas de abastecimiento de agua, existentes en la zona de influencia, en especial de aquellos que están más expuestos o son menos resistentes, de esta manera se debe dar mayor importancia, ya que es evidente la amenaza a la que se encuentran expuestos, para esto se presentan medidas de mitigación por caída de ceniza sobre los componentes vulnerables del sistema de acueducto para minimizar los impactos o efectos a los componentes activos del sistema, teniendo en cuenta la identificación efectuada tanto en el componente administrativo, operativo y físico, y por ende contribuir como una herramienta base para la estimación del riesgo en las comunidades que se encuentran expuestas y pueden sufrir ante la afectación de este servicio, requiriendo apoyo de otras entidades involucradas en los procesos de mejoramiento del sistema de acueducto en el municipio y la mitigación de riesgos relacionados con el volcán Galeras, teniendo como principales actores a la Administración Municipal a nivel local, Gobernación de Nariño en la parte departamental y entes nacionales como el Ministerio e INGEOMINAS. También es necesario la vinculación del Comité Regional para la Prevención y Atención de Desastres (CREPAD) y el Comité Local para la Prevención y Atención de Desastres (CLOPAD).

Por otra parte, este trabajo servirá como herramienta para la formulación e implementación de planes de contingencia y emergencia que se fundamenten en el mejor conocimiento de la vulnerabilidad del sistema de acueducto, teniendo en cuenta las fortalezas o debilidades de los componentes, tanto operativos, administrativos como físicos, según los efectos ocasionados por una caída de ceniza volcánica, teniendo en cuenta el Decreto 1575 de 2007, y la Guía Técnica para formular dichos planes<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> KARI KEIPI, Sergio MORA y Pedro BASTIDAS, 2005, Gestión de riesgo de amenazas naturales en proyectos de desarrollo.

<sup>2</sup> INGEOMINAS, 1997. Mapa de amenaza volcánica, publicación especial de INGEOMINAS, p. 20.

<sup>3</sup> Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Guía Técnica de soporte para identificar, reducir y formular planes de contingencia por riesgos sobre la calidad del agua para consumo humano.

# 1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

## 1.1 DESCRIPCION DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El volcán Galeras ubicado en el Departamento de Nariño, a 77°21'55" de longitud W del Meridiano de Greenwich y 1°13'73" de latitud N, con una altura de 4276 m.s.n.m está catalogado como uno de los volcanes más activos del territorio nacional y alrededor de él, se encuentran varios asentamientos humanos destacándose la capital nariñense e importantes poblaciones como la cabecera municipal de Nariño. Durante los últimos 4500 años, la actividad de este volcán se ha catalogado como moderadamente explosiva (tipo Vulcaniano), destacándose que, en los últimos 500 años, las erupciones se han caracterizado por emisiones de ceniza y gas, pequeños flujos de lava y erupciones explosivas que han producido pequeños flujos piroclásticos acompañados de ondas de choque<sup>4</sup> Las erupciones han presentando alturas de columna eruptiva inferiores a 10 km que han producido pequeños depósitos de flujos piroclásticos<sup>5</sup>.

Las erupciones volcánicas representan una de las amenazas naturales de mayor impacto social y económico para una región, por lo cual INGEOMINAS, en la actualidad viene desarrollando estudios conducentes a la Estimación del Riesgo por fenómenos de Amenaza Volcánica asociados con el Volcán Galeras. Hasta la fecha, INGEOMINAS ha realizado una evaluación de amenazas volcánicas<sup>6</sup> y viene adelantando el inventario de elementos expuestos y el análisis de su vulnerabilidad. Dada la complejidad y multidisciplinaridad de los estudios de vulnerabilidad es indispensable la participación interinstitucional por lo cual resulta valiosa la colaboración por parte de las universidades.

La cabecera municipal de Nariño (1°17'35" N y 77°21 '48" W), a 6,7 km al N del cono activo de Galeras, se localiza dentro de la zona de amenaza volcánica media, según la tercera versión del mapa de amenaza volcánica producido por INGEOMINAS en 1997. La fuente de abastecimiento de agua potable para esta población se deriva de las corrientes de agua que tienen su origen en las laderas del volcán Galeras.

El acueducto de la cabecera municipal de Nariño cuenta con dos sistemas de conducción, uno que capta sus aguas de la Quebrada Santo Domingo y el otro de

---

<sup>4</sup> ESPINOSA, A., 1988. Actividad del Volcán Galeras en épocas históricas, INGEOMINAS-Popayán, Internal Report, p. 85.

<sup>5</sup> CALVACHE, V., M.L. and S. N. Williams, 1992. Lithic-dominated pyroclastic flows at Galeras Volcano, Colombia. Año unrecognized volcanic hazard, *Geology*. 1992, p. 20, 532-542.

<sup>6</sup> INGEOMINAS, Op. cit., p. 20.

la quebrada Maragato; la conducción se realiza en tubería de PVC sanitaria y PVC a presión, el número de usuarios es de 649<sup>7</sup>.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es evidente que en caso de colapso total de un sistema de acueducto se suscitará daños graves en su parte estructural y en todo su sistema en general, en el caso de un daño parcial las implicaciones no son tan evidentes pero si hay una afectación en la continuidad y calidad en el suministro de agua potable para el consumo humano y demás subsistemas asociados, obligando a la Corporación CONSEN LTDA que opera el sistema de acueducto a implementar un racionamiento en el servicio y generando controversia con los usuarios por la prestación ineficiente del servicio, por no efectuar las acciones pertinentes para evitar conflictos entre el prestador y el usuario.

De esta manera es importante la planificación de medidas de mitigación del riesgo, que puede disminuir la vulnerabilidad frente a la amenaza que se encuentra expuesto el sistema de acueducto del Municipio de Nariño, para que los daños ocasionados en la infraestructura física y la calidad del agua sean menores.

Teniendo en cuenta que la caída de ceniza volcánica puede ocasionar una alteración en el suministro de agua, afectación a las corrientes de agua, presas, alcantarillados, plantas de tratamiento de agua y todo tipo de maquinaria, de igual manera puede afectar los sistemas de conducción.

Dependiendo de sus componentes, la ceniza volcánica es muy perjudicial para la salud humana, la inhalación de la ceniza puede provocar enfermedades pulmonares, asma, silicosis por exposición prolongada al aire libre, puede ocasionar problemas gastrointestinales por la ingestión de agua contaminada con flúor y posiblemente con metales pesados como arsénico, mercurio, etc., o por la ingesta de alimentos contaminados, por lo que se recomienda que los depósitos de agua tengan estructuras protegidas ante un evento de caída de ceniza<sup>8</sup>, generalmente que su conducción se haga por tubería enterrada y no por canal abierto, de igual manera que su almacenamiento sea en un tanque cubierto y/o provisto de tapa, que impida que la ceniza caiga directamente y contamine el agua que será distribuida a la comunidad para consumo humano.

---

<sup>7</sup> Corporación Corsen. Ltda.– 2008.

<sup>8</sup> CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. Módulos del Programa de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales en Situaciones de Emergencia. Lima: CEPIS, OPS/OMS; 1982.

### 1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cuál es el riesgo que tiene el sistema de acueducto de la cabecera Municipal de Nariño, localizada en la zona de amenaza del volcán Galeras, por la caída de ceniza volcánica?

### 1.4 JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta la debilidad que presentan los componentes y por ende todo el sistema de acueducto ante un fenómeno volcánico, es importante establecer las líneas de acción para mitigar el riesgo por caída de ceniza, lo cual permite en el futuro disminuir el riesgo y prevenir una destrucción que pueda traer consigo consecuencias más grandes, que puede afectar una población bastante significativa que se encuentra ubicada principalmente en los nueve (9) municipios que conforman la zona de influencia del volcán Galeras, que frente a una amenaza de este tipo pueden quedarse sin abastecimiento de agua potable y en caso extremo la población se vería obligada a consumir agua que no cumpla con los parámetros establecidos en el decreto 1575 de 2007, para ser clasificada como agua apta para consumo humano.

El departamento de Nariño cuenta con un Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS, que forma parte del comité técnico del sistema nacional de prevención y atención de desastres, su misión en la evaluación de las geoamenazas es involucrarse en la gestión del riesgo que considera la evaluación de la amenaza y vulnerabilidad como propósito para acometer medidas tendientes a su prevención y mitigación. INGEOMINAS ha empezado a coordinar y ejecutar actividades encaminadas a gestionar estudios de vulnerabilidad y riesgo y es de su interés contar con este tipo de investigaciones para sistemas de abastecimiento de agua.

“El desarrollo de medidas para disminuir el riesgo” desde el punto de vista de la mitigación es una de las herramientas más importantes para realizar un manejo adecuado de los efectos potenciales generados por eventos eruptivos que pueden causar daños en los sistemas de agua potable (en este caso se analizará la vulnerabilidad de los sistemas frente a la caída de ceniza por erupción volcánica). Permite estimar el grado de los daños potenciales en los componentes del sistema para poder reforzarlos y evitar esos daños en futuros impactos. Es decir, una vez evaluado el nivel de los daños de cada uno de estos componentes frente a la amenaza mencionada, es posible definir las medidas de mitigación que disminuyan la vulnerabilidad y permitan reducir el riesgo<sup>9</sup>. Se debe mencionar que

---

<sup>9</sup> ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Mitigación de desastres en las instalaciones de la salud; evaluación y reducción de la vulnerabilidad física y estructural. Washington, DC: OPS 1993.

los estudios de vulnerabilidad seguramente servirán a las organizaciones de Planificación en la formulación de Planes y/o Esquemas de Ordenamiento Territorial, en el caso del Municipio de Nariño se cuenta con un EOT formulado bajo la política nacional de Gestión de Riesgo,<sup>10</sup> la amenaza inminente por fenómenos volcánicos, los cuales no pueden ser intervenidos directamente requieren reducir sus efectos a través de acciones tendientes a intervenir las condiciones de vulnerabilidad física y/o funcional, en consecuencia, las decisiones sobre ordenamiento territorial se encuentran plenamente argumentadas y articuladas con la necesidad ineludible de evitar el crecimiento y consolidación de áreas altamente vulnerables, a la fecha no ha sido aprobado el Esquema de Ordenamiento Territorial, por la Autoridad Ambiental, lo cual permite hacer las actualizaciones de acuerdo a lo contemplado en el Decreto 3600 de 2007, con respecto a las áreas de conservación y protección ambiental y áreas de amenaza y riesgo, aunque esta última presenta mayor relevancia en el EOT por la ubicación del volcán Galeras, siendo éste un riesgo latente, también permiten al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial ajustar los reglamentos técnicos del sector agua potable y saneamiento básico RAS, en especial del Título B sistema de acueducto, para la implementación de normas de diseño y construcción, en áreas que presenten condiciones especiales, como es el caso de los Municipios ubicados en áreas aledañas al volcán Galeras.

Es importante tener en cuenta que existe una metodología establecida por la Organización Panamericana de la Salud OPS, (Guía titulada: Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario, Guías para el análisis de vulnerabilidad, 1998)<sup>11</sup> en la cual se dan parámetros para evaluar en forma general la vulnerabilidad de los sistemas de acueducto con respecto a diferentes tipos de amenazas naturales; hasta el momento no se ha desarrollado en Colombia una metodología específica para evaluar la vulnerabilidad en sistemas de acueducto, frente a la caída de ceniza volcánica., sin embargo el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial elaboró una Guía Técnica de soporte para identificar, reducir y formular planes de contingencia por riesgos sobre la calidad del agua para consumo humano.

En este caso se pretende efectuar un análisis de vulnerabilidad de tipo indicativo puesto que se realizará un estudio partiendo de diferentes componentes del sistema de acueducto, logrando establecer cuáles presentan mayor vulnerabilidad y estableciendo soluciones a corto plazo con actuaciones de Instituciones locales, departamentales y nacionales, que permitan prevenir los impactos generados por

---

<sup>10</sup> Gestión de Riesgo: proceso en el que la sociedad reconoce y valora los riesgos a los que está expuesta, formula políticas, estrategias y planes, y realiza intervenciones a reducir o controlar los riesgos existentes y evitar nuevos riesgos.

<sup>11</sup> ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado. Washington, D.C.,: OPS, c1998. 110 p. -- (Serie Mitigación de Desastres).

la caída de ceniza volcánica, de esta manera determinar un procedimiento fácil de manejar e implementar en el sistema de acueducto de la cabecera Municipal de Nariño y que mediante una gestión ambiental conjunta se pueda adaptar y realizar en los sistemas de acueducto de los diferentes Municipios expuestos a eventos similares dentro del área de influencia del volcán Galeras.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL**

Formular líneas de acción para la mitigación del riesgo por caída de ceniza volcánica, a partir de un análisis de vulnerabilidad, que contribuya a la reducción de afectaciones en el sistema de acueducto de la cabecera municipal de Nariño, ubicada en la zona de influencia del volcán Galeras

### **1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

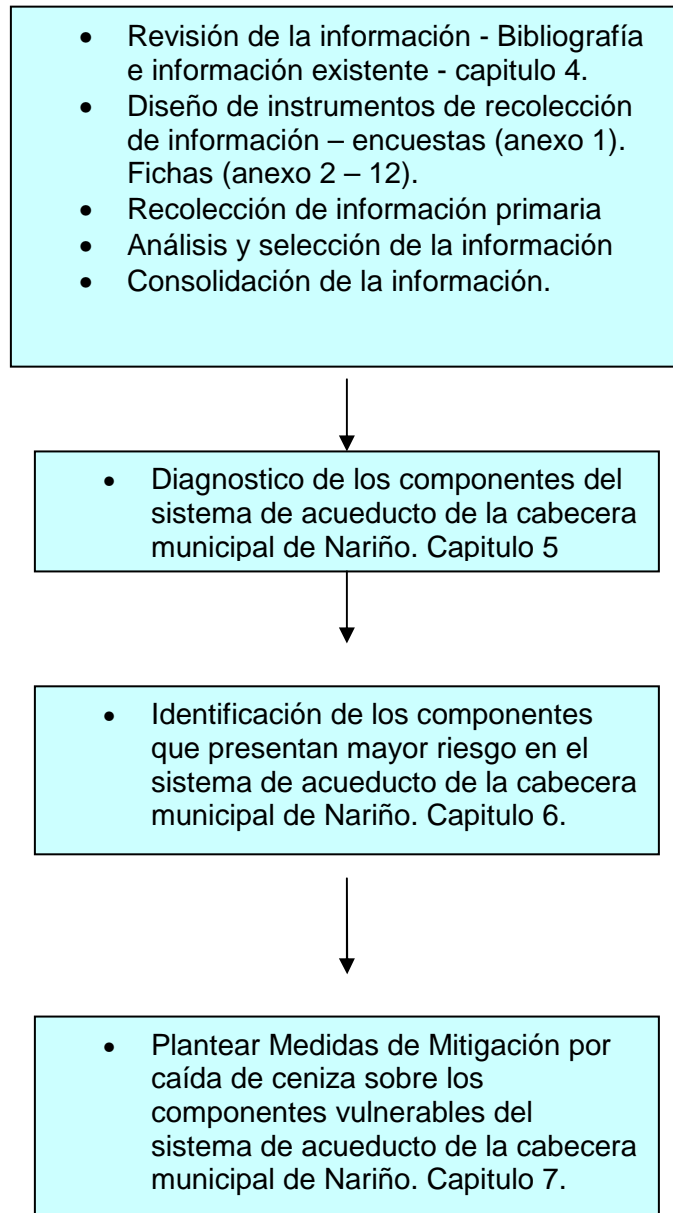
- Realizar un diagnóstico de los componentes del sistema de acueducto de la cabecera municipal de Nariño.
- Identificar los componentes que presentan mayor vulnerabilidad en el sistema de acueducto de la cabecera municipal de Nariño, ante la caída de ceniza volcánica.
- Determinar las medidas de mitigación del riesgo por caída de ceniza volcánica sobre los componentes vulnerables del sistema de acueducto de la cabecera municipal de Nariño.



## 2. METODOLOGIA GENERAL

La metodología general es presentada en la siguiente figura:

Figura 1. Metodología general para establecer líneas de acción para la mitigación del riesgo por caída de ceniza volcánica en el sistema de acueducto de la cabecera municipal de Nariño.



## 2.1. REVISION DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE

Fueron revisados diferentes estudios de autores y/o instituciones que han trabajado el tema relacionado a la gestión de riesgo, al igual que la información existente en la Empresa que presta el servicio de acueducto, en lo concerniente a los aspectos administrativos, operativos, inventarios de redes, stock de materiales y posible información referente con el tema de las erupciones volcánicas con caída de cenizas.

## 2.2. DISEÑO DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PRIMARIA

Se elaboró unas encuestas para determinar cuáles fueron las caídas de ceniza más recientes en el Municipio de Nariño, y que consecuencias se presentaron en el sistema de acueducto, también se ajusto y adapto las fichas de información tomadas y modificadas del manual para “Mitigación de Desastres Naturales en Sistemas Rurales de Agua Potable”<sup>12</sup>, para la recolección de información y realizar la identificación de los diferentes componentes como administrativo, operativo y físico del sistema de acueducto, determinando factores relevantes en cada uno, y que pueden presentar mayor vulnerabilidad, de esta manera se utiliza un sistema de matrices, alimentadas con información condensada en dichas fichas con el fin de calificar la vulnerabilidad presente asociada con cada factor identificado para los componentes del sistema de acueducto.

## 2.3. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PRIMARIA

Para corroborar la información recopilada y/o conseguir aquella que no fue encontrada en la literatura, se efectuó un trabajo de campo, en el cual se recibió colaboración de los funcionarios de CORSEN LTDA, Empresa encargada de prestar el servicio de acueducto, los cuales acompañaron a varios recorridos en el área de trabajo, de igual manera se implementaron las encuestas con los habitantes mas cercanos del Municipio, realizando relevancia en los daños o inconvenientes ocasionados en el sistema de acueducto en las erupciones pasadas del volcán Galeras y en que aspectos afecto más, de esta manera se tomo como base solo dos encuestas las cuales describen mayor información sobre los eventos ocurridos en tiempos atrás y afectaciones al sistema de acueducto.

En el trabajo de campo se recopiló y analizó información relacionada con la identificación de los componentes del sistema de acueducto, permitiendo así la valoración, verificación e identificación de las características generales de cada

---

<sup>12</sup> ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Mitigación de desastres en las instalaciones de la salud; evaluación y reducción de la vulnerabilidad física y estructural. Washington, DC: OPS 1993

uno de los componentes que hacen parte del sistema como es: captación, conducción, almacenamiento, tratamiento y distribución a la comunidad, efectuado la ubicación geográfica respectiva, se identificaron y detallaron los sitios críticos y posiblemente vulnerables. Como se consolida en las fichas (anexo 2 – 12).

#### 2.4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Una vez recopilada la información de campo y bibliográfica, se procedió a realizar el cruce de información para elaborar el diagnóstico e identificar las principales afectaciones que pudiesen en un futuro presentarse en el sistema de acueducto.

Para la determinación y análisis de vulnerabilidad desarrollados en el presente trabajo, se expresan en una escala desde 0 (no daño) a 1 (daño total) y consta de un manejo integral de tres componentes: Administrativo, operativo y físico del sistema de acueducto, identificando factores relevantes en cada uno de los componentes y que pueden presentar mayor vulnerabilidad, de esta manera se utiliza un sistema de matrices, alimentadas con información condensada en los formatos denominados fichas de información tomados y modificados del manual para “Mitigación de Desastres Naturales en Sistemas Rurales de Agua Potable”<sup>13</sup>, con el fin de calificar la vulnerabilidad presente asociada con cada factor identificado para cada uno de los componentes del sistema de acueducto.

Con el fin de poder evaluar la vulnerabilidad cualitativamente a partir de la calificación obtenida anteriormente, se toma en consideración la categorización que ha empleado INGEOMINAS en estudios relacionados, la cual contempla tres niveles: alto, medio y bajo, estableciendo rangos entre:

1.0 y 0.66 vulnerabilidad alta, considerando desde destrucción total que exigen el reemplazo o daños severos que demandan un alto costo de reparación. De 0.66 a 0.33 vulnerabilidad media esperando daños moderados que se pueden reparar y valores menores a 0.33 vulnerabilidad baja esperando que la afectación sea mínima.

Para lo cual se establecen acciones tendientes a reducir la exposición o vulnerabilidad del sistema de acueducto ante la caída de ceniza volcánica, se procedió a evaluar las alternativas que se deberán asumir a mediano y largo plazo (Mitigación), con sus respectivos costos probables. Con respecto a esa actividad es muy importante aclarar que el alcance del estudio no supe los análisis de los diseños que deberá asumir la Empresa para detallar los tipos de obras y costos reales (Artículo 3, RAS).

---

<sup>13</sup> ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Mitigación de desastres en las instalaciones de la salud; evaluación y reducción de la vulnerabilidad física y estructural. Washington, DC: OPS 1993

### 3. MARCO LEGAL

En Colombia rigen leyes y normas que exigen, directa o indirectamente, acciones anticipadas y mitigadoras en relación con amenazas naturales y los riesgos que causan. El Decreto 919 de 1989, mediante el cual se reglamenta el Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres creado por la Ley 46 de 1988, en sus artículos 8 y 9 exige a las entidades públicas o privadas que prestan servicios públicos o que ejecutan actividades peligrosas o de alto riesgo, la realización de análisis de vulnerabilidad y la toma de medidas de protección.

A escala nacional se inscribe el cumplimiento de directrices fundamentales expresadas en la Constitución Política de Colombia (1991) y de políticas como la de la Reforma Urbana (Ley 9 de 1988), del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (Ley 46 de 1988 y Decreto Ley 919 de 1989), y del Medio Ambiente (Ley 99 de 1993).

El departamento de Nariño cuenta con el documento CONPES 3501 del 3 de diciembre de 2007 - Consejo Nacional de Política Económica y Social, que establece lineamientos de política para implementar un proceso de gestión integral del riesgo en la zona de amenaza volcánica alta del volcán Galeras, aprobado por los Ministerios de Hacienda, Crédito Público, Interior, Justicia, Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, entre otros, que sirve como base para plantear acciones, establecer lineamientos para los procesos de manejo de la contingencia, organizar la participación de Entidades Nacionales que contribuyan a la reducción de la vulnerabilidad física y social, finalmente definir los instrumentos que permitan la reactivación económica y social de la zona de influencia del volcán Galeras.

Entre el marco normativo asociado se cuenta el Decreto 1541/78 reglamenta las normas relacionadas con el recurso agua en todos sus estados, Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud, que reglamenta los usos del agua y residuos líquidos también la Guía Técnica de soporte para identificar, reducir y formular planes de contingencia por riesgos sobre la calidad del agua para consumo humano, expedida en cumplimiento del Decreto 1575 de 2007 por el cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano, establecido por el Ministerio de la protección social y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial. Además esta la resolución 2115 de 2007 por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano, establecida por el Ministerio de la protección social y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial. Resolución 1096/00. Por la Cual se adopta el reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Ministerio de Desarrollo Económico.

## 4. APROXIMACIONES TEÓRICO CONCEPTUALES

Se realiza una introducción acerca de generalidades sobre Amenaza, riesgo, fenómenos volcánicos, tipos y algunos eventos que se han generado en las erupciones volcánicas, teniendo en cuenta que están asociados a las amenazas naturales.

**4.1. Amenaza:** se ve como la probabilidad de la ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico potencialmente peligroso en un área determinada dentro de un periodo de tiempo específico, representado en términos de magnitud o intensidad.

Generalmente se aplica a los fenómenos de ocurrencia sorpresiva, de evolución rápida y de relativa severidad (o violencia). Sin embargo, en rigor, la peligrosidad de los fenómenos naturales tiene que ser vista en relación con el grado de previsión de los elementos vulnerables y sobre todo, para las obras de infraestructura vital en plazos de tiempo relativamente largos; esto hace recomendable incluir en la categoría de amenazas también algunos fenómenos de evolución lenta (por ejemplo cambios en cursos fluviales y fenómenos de erosión).

Un fenómeno natural puede caracterizarse como amenaza en relación con tres variables que permiten identificarlo como peligroso:

- a. Ubicación
- b. Severidad
- c. Recurrencia

La ubicación se puede caracterizar mediante información y registro geológico, arqueológico e histórico, en combinación con características del ambiente físico natural tales como terrenos, topografía, drenajes, huellas de fenómenos anteriores y cercanía de fuentes de amenaza.

La severidad también puede ser evaluada mediante registros naturales y documentales, por extensión y tipo de efectos observables o por comparación con regiones similares.

Pero la recurrencia está sujeta a múltiples limitaciones. Muchos de los fenómenos ocurren en lapsos de tiempo promedio que pueden abarcar desde varias generaciones hasta miles de años, frente a los cuales el conocimiento científico todavía no puede establecer anticipaciones seguras de ocurrencia.<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> TORRES, C., R.A., 2000. Vulnerabilidad estructural y constructiva de edificaciones de uso de ocupación normal ante amenazas volcánicas en la zona de influencia del volcán Galeras. Tesis inédita en Obras Civiles. Universidad del Valle, Santiago de Cali.

**4.2. Vulnerabilidad:** Está relacionada con la “exposición, fragilidad y susceptibilidad al deterioro o pérdida de los elementos y aspectos que generan y mejoran la existencia social”<sup>15</sup>, sustitución de un diseño adecuado por uno menos desarrollado, lo que puede resultar en pérdidas humanas y de asentamientos, infraestructura y actividades productivas, también puede interpretarse como un problema económico con profundas raíces sociales y que debe resolverse pronto, o de lo contrario la inversión para reparar o reponer las obras, bienes y servicios destruidos por los desastres se hará inmanejable y costosa.

En los últimos decenios, la vulnerabilidad ambiental y ante las amenazas ha aumentado dramáticamente en América Latina y el Caribe, como consecuencia de la degradación ambiental, la expansión urbana, rápida y desordenada, el aumento de la pobreza y la marginalidad, el desarrollo de la infraestructura y la producción de bienes y servicios sin tomar en cuenta las medidas preventivas adecuadas (diseño, ubicación, control de calidad de la construcción y mantenimiento), y el uso incorrecto del espacio. Debido a todo lo anteriormente expuesto, se impone entonces un cambio de paradigma. Así, en lugar de focalizar la atención en los desastres ocurridos, la prioridad estaría centrada en el análisis y solución *ex-ante* de las causas y efectos que los generan.

**4.3 Riesgo:** es catalogado como la posibilidad de perjuicio para los elementos expuestos o sea el total de pérdidas en vidas y bienes materiales para un área determinada debido a la presencia de un tipo de amenaza dada con determinada magnitud, de igual manera establece el número esperado de pérdida de vidas, daño a propiedades, e interrupción de servicios, fundamentado en función del riesgo específico y de los elementos en riesgo.

De esta manera el Riesgo Específico, es el grado esperado de pérdida para un fenómeno natural, para cada elemento bajo riesgo y para cada amenaza, y es función tanto de la amenaza como de la vulnerabilidad. Esto a fin de poder establecer la susceptibilidad de un elemento bajo riesgo, de sufrir daño ante un fenómeno de amenaza, la vulnerabilidad física puede establecerse funcionalmente como:

$$V = E/R$$

Donde E representa el nivel de exposición del elemento tomado como la intensidad prevista o esperada de una amenaza específica en el sitio del elemento, y R la resistencia como la capacidad de carga límite que el elemento ofrece ante la acción del fenómeno amenazante y que determina su

---

<sup>15</sup> KARI KEIPI, Sergio MORA y Pedro BASTIDAS, 2005, Gestión de riesgo de amenazas naturales en proyectos de desarrollo.

funcionalidad<sup>16</sup>. Con el propósito de obtener el grado de daño esperado de un elemento bajo riesgo es posible optar por determinar la relación del costo de reparación al costo de re emplazamiento del elemento como función de la intensidad de la amenaza.<sup>17</sup>

De otra parte es importante tener en cuenta que es el Daño, como una alteración de los materiales o elementos de una construcción con la disminución significativa de la seguridad o pérdida de su funcionalidad<sup>18</sup>.

#### **4.4. Riesgo por amenaza - Caída de Ceniza volcánica:**

- Es importante saber que la ceniza volcánica fresca puede ser áspera, ácida, arenosa, vidriosa, maloliente y completamente desagradable. Aunque los gases normalmente se encuentran demasiado diluidos para construir un peligro a una persona normal, la combinación de gases ácidos y ceniza puede estar presente a algunos kilómetros de la erupción y causar daños pulmonares a pequeños infantes, ancianos y enfermos, o a quienes ya sufren de enfermedades respiratorias graves.
- Una densa caída de ceniza altera el suministro de energía. La repentina demanda multitudinaria de luz puede hacer que el servicio eléctrico se agote o falle.
- La ceniza obstruye las corrientes de agua, presas, alcantarillados, plantas de aguas y todo tipo de maquinaria.
- La ceniza se amontona en carreteras, vías férreas y senderos, como la nieve, pero semeja arena suave y húmeda.
- La ceniza fina puede ser resbalosa.
- El peso de la ceniza puede colapsar techos.

La ceniza volcánica que se deposita, cayendo lentamente desde alturas considerables, consiste en fragmentos piroclásticos muy pequeños de material juvenil; estos son, el producto de la fragmentación extrema de lava fresca. Se denomina de caída libre y generalmente tiene un diámetro entre 1/16 mm a 2 mm. La ceniza fina es aquella que tiene un diámetro menor de 1/16 mm. Durante una explosión, cerca de la boca del volcán se acumulan los fragmentos de caída libre

---

<sup>16</sup> DÍAZ - GRANADOS, O., Mario, 1994. Elementos probabilísticos del riesgo. Curso de educación continuada, evaluación y mitigación de riesgos naturales. Universidad de Los Andes, 14-16 junio de 1994, 17 pp.

<sup>17</sup> UNDRO, 1991. Mitigating Natural Disasters; Phenomena, Effects and Options-A manual for policy makers and planners. Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator. New York, 1991, pp. 79.

<sup>18</sup> DÍAZ - GRANADOS, O. Op cit. p. 17.

en forma de capas y cada una de ellas indicará una explosión separada; sin embargo, sólo la ceniza más fina es arrastrada por el viento a grandes distancias.

La velocidad de movimiento de la ceniza depende de la velocidad del viento, por ejemplo la erupción del Katmai (Alaska) en el año 1.941, que esparció ceniza en un área de unos 115.000 km<sup>2</sup>, llegó a acumularse en espesores de hasta 30 cm a 160 km de distancia de la boca eruptiva.

Las capas de ceniza han sido útiles en la correlación cronológica de la actividad volcánica de un edificio en particular, dando información, tanto de su evolución como de su grado de explosividad y peligrosidad<sup>19</sup>.

#### **4.5. Vulnerabilidad en sistemas de acueducto**

Los sistemas de acueducto o abastecimiento de agua contemplan desde los componentes como la captación, conducción, suministro y tratamiento, considerando las estructuras adicionales como estaciones de bombeo. Algunos de estos elementos pueden trabajar a presión o simplemente por acción de la gravedad. El colapso de una de estas partes corta el suministro del servicio y en los sistemas a presión pueden causar serias averías. El reestablecimiento de este servicio, usualmente es una de las prioridades después de un desastre<sup>20</sup>.

#### **4.6 Análisis de vulnerabilidad en sistemas de acueducto**

El análisis de vulnerabilidad nos permite determinar las debilidades de los componentes de un sistema frente a una amenaza, con un doble objetivo: establecer acciones de mitigación necesarias para corregir debilidades, apoyar y fortalecer los comités organizados para atender emergencias y dar respuestas oportunas antes de la ocurrencia del evento.

Las características estructurales identifican los componentes, el funcionamiento físico del sistema y las características que se presenten según la vulnerabilidad y riesgo al que se encuentran expuestas, determinan su posible impacto sobre el mismo, estableciéndose una relación directa entre las características estructurales del sistema y determina la capacidad de resistencia del mismo y por consiguiente, su vulnerabilidad física y su capacidad operativa ante la ocurrencia de fenómeno.

---

<sup>19</sup> CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. Módulos del Programa de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales en Situaciones de Emergencia. Lima: CEPIS, OPS/OMS; 1982.

<sup>20</sup> CORCHO ROMERO, Freddy Hernán y DUQUE SERNA, José Ignacio. Acueductos, Teoría Y Diseño. Primera Edición .Medellín. 1993. P. 39 – 171 – 205 – 331 – 383.



Conociendo la vulnerabilidad del sistema es posible determinar las medidas de mitigación, tanto para los aspectos físicos, administrativos y operativos. Las medidas de prevención en cuanto a la vulnerabilidad, y tienden a fortalecer el estado actual del sistema y sus componentes, así como a mejorar las condiciones de los mismos frente a los impactos que se encuentra expuesto.

El análisis de vulnerabilidad demanda conocer y determinar lo siguiente:

- La organización institucional para el abastecimiento de agua potable.
- La forma de operación de los sistemas de acueducto
- Los componentes del sistema de acueducto y su funcionamiento.
- Las amenazas, sus características e impactos.
- La vulnerabilidad física.
- Las medidas de mitigación para reducir la vulnerabilidad identificadas.<sup>21</sup>

#### **4.7 Antecedentes de Erupciones volcánicas del volcán Galeras**

Como consecuencia de las manifestaciones de actividad del volcán Galeras y en especial desde las erupciones de 1989 a 1993, el Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS, ha elaborado tres versiones del mapa de amenaza por fenómenos volcánicos en Galeras. El Mapa de Amenaza por si solo no constituye una herramienta suficiente de planeación por cuanto es necesario evaluar la vulnerabilidad de los elementos expuestos ante las amenazas como parámetros necesarios a fin de dar un estimativo del riesgo. En 1995, en INGEOMINAS se planteó un proyecto para Evaluación Preliminar del Riesgo Volcánico de Galeras, en el cual, el Ingeniero Roberto Torres comenzó a trabajar en la parte correspondiente a la Vulnerabilidad Física haciendo una adaptación de metodologías utilizadas en vulnerabilidad ante amenazas por remoción en masa. Posteriormente el mismo Ingeniero en compañía de los Ingenieros Gustavo Córdoba, Jorge Santacruz y Rafael Cárdenas, trabajaron conjuntamente con estudiantes de pregrado en una aproximación a la estimación de la vulnerabilidad estructural de edificaciones. En la actualidad el Ingeniero Rafael Cárdenas ha ampliado los trabajos de vulnerabilidad a la parte social y de infraestructura en una visión integral para que en un futuro se pueda formular un escenario de riesgo específico por fenómenos de amenaza volcánica del volcán Galeras. Como parte de este propósito, surge la motivación del presente trabajo. Es de resaltar, que no se tiene conocimiento alguno de otros antecedentes en Latinoamérica y lo poco

---

<sup>21</sup> GALO PLAZA N. y Hugo YÉPEZ A., Manual para la mitigación de desastres naturales en sistemas rurales de agua potable. Escuela Politécnica Nacional, Ecuador. P. 111 – 115, 2001.

que existe y que aún se está desarrollando está concentrado en Italia, Japón y Estados Unidos.

#### **4.8 Erupciones Históricas del Volcán Galeras, en cuanto a caída de ceniza y sus efectos**

El volcán Galeras es un volcán activo y como antecedentes de su actividad, se puede mencionar que al menos seis grandes erupciones han sido identificadas en los últimos 4500 años<sup>22</sup>. Estas erupciones se han caracterizado por ser explosivas (tipo Vulcaniano, de tamaño moderado) con columnas eruptivas inferiores a 10 km de altura y pequeños depósitos en volumen de flujos piroclásticos<sup>23</sup>.

En los últimos 500 años las erupciones se han caracterizado por emisiones de ceniza y gas, pequeños flujos de lava y erupciones explosivas que han producido pequeños flujos piroclásticos que han viajado hasta 4km de distancia desde el cráter<sup>24</sup> acompañados de ondas de choque.

Las manifestaciones de actividad eruptiva más reciente de este volcán datan desde junio de 1988; después de un periodo de relativo reposo, se asoció con una fase de limpieza y abertura de conductos volcánicos, el cual se caracterizó por el incremento en la actividad sísmica y manifestaciones de actividad superficial, es de un cráter secundario denominado El Pinta localizado en el sector oriental del cono, con emisiones de ceniza y gases volcánicos.

En 1989, la actividad se caracterizó básicamente por emisiones de cenizas que paulatinamente se fueron incrementando desde un foco principal de emisión correspondiente a un cráter secundario (El Pinta) con las consiguientes emisiones de cenizas desde mayo 5 al 9 de 1989<sup>25</sup>.

Desde finales de 1989 y comienzos de 1990 la actividad tiende a hacia el cráter principal y después del emplazamiento de un domo de lava en 1991, se propiciaron condiciones para las subsiguientes erupciones en 1992 y 1993 que se caracterizaron por su carácter explosivas con caída de cenizas.

---

<sup>22</sup> Calvache, Op. cit., p 79.

<sup>23</sup> Calvache, V., M.L. and S. N. Williams , Op. cit., p 82.

<sup>24</sup> Espinosa, , Op. cit., p 86.

<sup>25</sup> TORRES Y GÓMEZ, marzo 4 inicia secuencia de eventos Vulcano – Tectónicos en el Volcán Galeras. Reporte INGEOMINAS. 1995. p. 6.

Según Espinosa<sup>26</sup> la actividad de Galeras se la puede agrupar en cinco categorías mediante un índice de severidad que va de 1 a 5, como se presenta en el cuadro No. 1.

Cuadro 1. Categorías identificadas para la actividad del Volcán Galeras

<b>CATEGORIAS</b>	<b>INDICE DE SEVERIDAD</b>
Lluvia de ceniza y bloques hasta algunos centenares de metros.	1
Explosión sentida hasta 8 Km (Pasto, Jenoy) y pequeñas emisiones de ceniza con caída hasta 20 Km del volcán	2
Explosión sentida hasta 10 Km (Nariño, La Florida). Lluvia de bloques y bombas hasta 2 Km (ej. 25 de mayo de 1925).	3
Explosión sentida hasta 15 Km (Consacá, Sandoná). Lluvia de bloques y bombas hasta 3 Km o emisión de lava (ej. 21 de noviembre 1925).	4
Explosión sentida a más de 15 Km (Chachagüí). Flujos piroclásticos a más de 3 km (ej. 27 de agosto de 1936).	5

Fuente. Categorización efectuada según Espinosa.

En volcanes como el Galeras, con erupciones de tipo Vulcaniano, las caídas piroclásticas (ceniza, lapilli y bloques) representan el evento con mayor probabilidad de ocurrencia, no obstante, sus depósitos y especialmente los más finos como la ceniza, son fácilmente erosionables, hecho que hace que en el registro geológico no se observe todas las caídas que ha expulsado el volcán ni que se pueda tener estimativos certeros de sus espesores alcanzados durante la caída.

En la historia actual de Galeras, se ha observado emisiones de ceniza en julio 16 y agosto 10 de 2004: Se observaron continuas erupciones de ceniza entre julio 28 y agosto 8, el volumen mínimo de ceniza depositada entre julio 21 y agosto 8 se estimó en 474.943m<sup>3</sup>, en un área de 118.7 m<sup>2</sup> (Cortes J.G.,P 2004) Se observaron también, cambios en la actividad fumarolita (presión de salida de los gases, temperaturas, etc).

Agosto 11, 12 de 2004: Aproximadamente 9 horas antes de la erupción, inicio un enjambre de sismos asociados con facturas en la roca sólida y movimiento de

<sup>26</sup> Ibid., p.78.

fluidos. La erupción procedente del cráter principal generó, ondas de choque, emisión de gases y cenizas, proyectiles balísticos e incendios forestales. La altura de la columna fue estimada en unos 10 km.

Noviembre 21 de 2004: La erupción generó efectos como: onda de choque, emisión de gases y cenizas proyectiles balísticos e incendios forestales y se produjo desde el cráter principal. La columna tuvo una altura de 9 a 10 km.

Abril, Julio de 2005: Continúa la reducción en los procesos de emisión de gases, con salida pulsátil y en pequeños volúmenes de ceniza fina. En los meses subsiguientes se resaltan los cambios que condujeron a la erupción de noviembre 24 de 2005 y posteriormente emisión de gases y cenizas ocurridos entre el 23 y 27 de diciembre de 2005.

La no ocurrencia de erupciones del Volcán Galeras contemporáneas con el presente trabajo, no facilitó la disposición de ceniza fresca para elaboración de pruebas de laboratorio que permitan evaluar las características físico-químicas de un agua contaminada.

#### **4.9 Descripción de la Amenaza en el Volcán Galeras**

Según la Tercera versión del mapa de amenaza del volcán Galeras<sup>27</sup>, se han identificado tres zonas de amenaza las cuales en orden descendente de peligrosidad son catalogadas como Alta, Media y Baja (Figura 1).

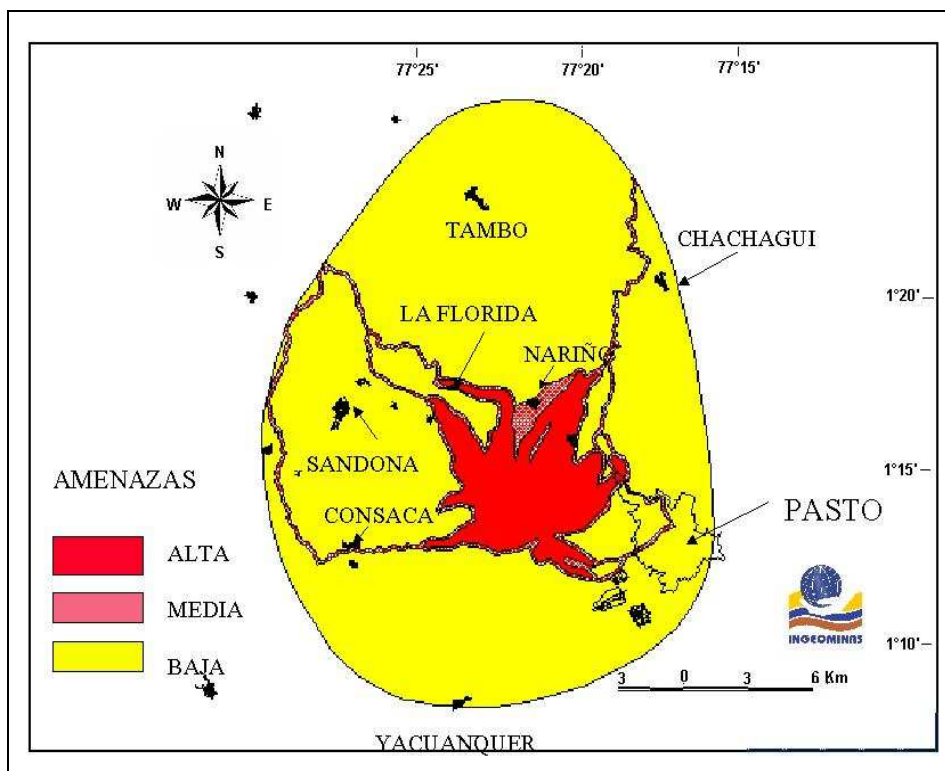
A continuación se presentan los efectos asociados a cada zona de amenaza, por una futura actividad eruptiva del cono activo del volcán Galeras.

**4.9.1 Zona de Amenaza Alta.** Los límites de esta zona fueron definidos por la distribución y máximo alcance de los diferentes tipos de flujos piroclásticos originados en el volcán Galeras durante los últimos 5.000 años. Esta zona sería afectada además por flujos de lava, caídas piroclásticas, flujos de lodo, proyectiles balísticos, ondas de choque y alta concentración de gases en las inmediaciones del cono activo.

---

<sup>27</sup> INGEOMINAS, Op. cit., p . 38.

Figura 2. Tercera Versión del Mapa de Amenaza de Galeras



Fuente. INGEOMINAS. Pasto. 1997.

Existe un registro geológico de flujos piroclásticos por los valles de los ríos Azufral, Chacaguaico, Barranco y las quebradas de Maragato, Chorrillo, Jenoy, Guaico, los Saltos, San Francisco, Mijitayo y Midoro, por lo cual es posible que las áreas cercanas a los valles de estas quebradas sean nuevamente afectadas por flujos piroclásticos que se generan a partir del cono actual. Se espera que en las direcciones que tomen los flujos piroclásticos, no haya ningún sobreviviente y la propiedad sea totalmente destruida.

De ocurrir erupciones como las de los últimos 5.000 años se esperarían caídas piroclásticas con espesores superiores a 30 cm en distancias menores a 5 km del cráter del cono activo. Erupciones de pequeña magnitud similares a las ocurridas en 1989, 1992 y 1993 generarían depósitos de caída piroclástica con espesores de orden métrico en las proximidades del cráter y de orden centimétrico y milimétrico a distancias mayores de 1 km. Las direcciones predominantes de depositación de ceniza son al norte, nororiente, suroccidente y occidente del volcán. Los asentamientos que podrían ser afectados por este fenómeno son Jenoy y Mapachico por su cercanía al cono activo y por ubicarse en la dirección preferencial de depósitos de estos materiales. Se incluye además las instalaciones de la estación de policía y la casa de transmisión de Inravisión-Telecom localizadas en el borde caldérico.

Los flujos de lodo en el Galeras son de origen secundario, generados a partir del material de los flujos piroclásticos y el agua lluvia, afectan solamente el fondo de los valles. La magnitud de los flujos de lodo secundarios dependen de la cantidad de material resultante de los flujos piroclásticos, la pendiente, el ancho de los cauces de ríos y quebradas así como la cantidad de agua disponible en los mismos. La altura del flujo de lodo puede llegar a varios metros o decenas de metros sobre el nivel normal de la corriente. Uno de los valles más susceptibles para ser afectado por flujo de lodo es el valle del río Azufral, por su conexión directa con el cono actual, las grandes acumulaciones de material suelto en su cabecera, la alta pendiente, en algunos sectores y la acentuada inestabilidad en escarpes de la cabecera del valle. La altura esperada de los depósitos de flujos de lodo, sobre el fondo del cauce sería de 25 a 30 m en sectores encañonados, por lo cual se deduce que la cabecera urbana de Consacá no será afectada por eventuales aumentos de caudal, lo mismo que aquellas comunidades ubicadas por encima de esta diferencia de nivel.

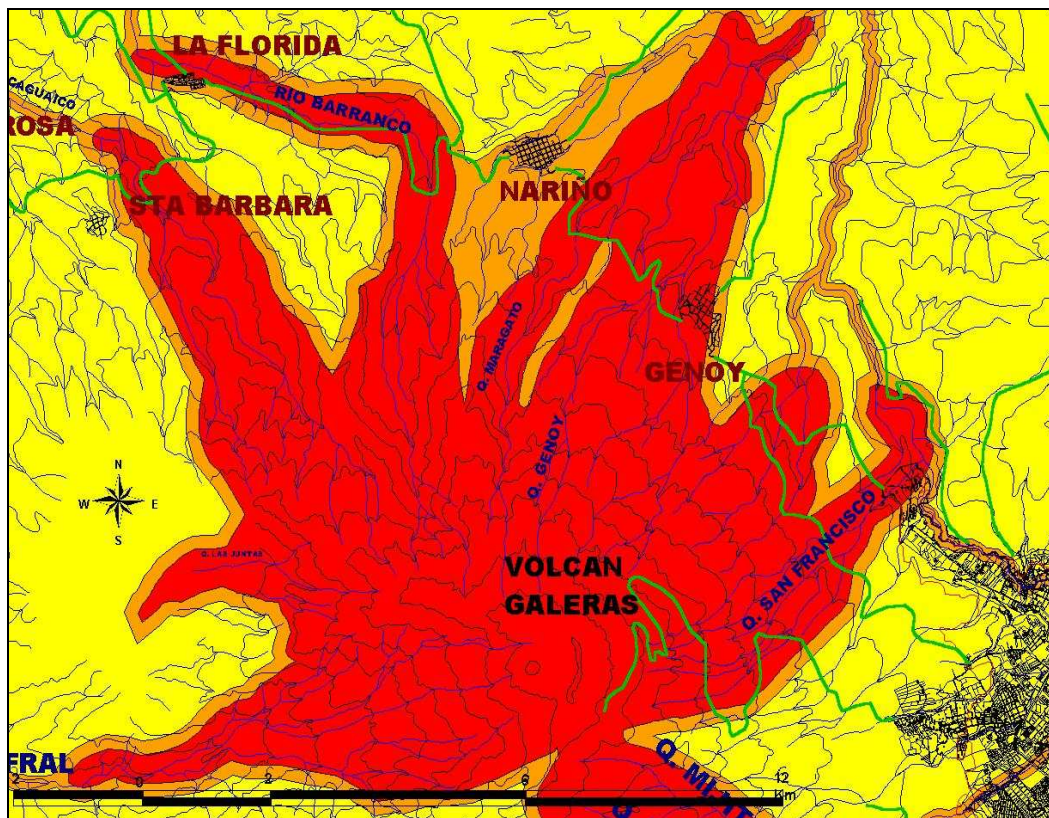
**4.9.2 Zona de Amenaza Media.** Esta zona bordea un ancho de 200 m respecto al límite de la zona de Amenaza Alta; tal distancia se asumió considerando un margen donde los efectos del flujo piroclástico son básicamente los asociados con la onda de calor. La zona de Amenaza Media sería afectada por los mismos fenómenos descritos para la zona de Amenaza Alta pero generados por erupciones mayores a las del registro geológico. Adicionalmente la disposición de esta zona define la trayectoria de flujos de lodos secundarios a lo largo del cauce de los ríos Pasto, Barranco, Chacaguaico, Azufral y Guátara y de las quebradas Mijitayo y Midoro.

La población de Nariño se encuentra en zona de Amenaza Media (Figuras 1 y 2), debido a que podría ser afectada por la nube acompañante de flujos piroclásticos generados por erupciones de gran magnitud, con capacidades de sobrepasar barreras topográficas tales como las definidas por los valles profundos de los ríos Barranco y Maragato. Igualmente la cabecera urbana de la Florida (Figuras 1 y 2), está en zona de Amenaza Media por la posibilidad de ser afectadas por flujos piroclásticos a partir de erupciones de mayor magnitud a las estudiadas en el registro geológico. Un sector de la ciudad de Pasto se encuentra en zona de Amenaza Media a raíz de la posible ocurrencia de flujo de lodo secundario generados a partir de flujos piroclásticos en las cabeceras de las quebradas Mijitayo y Midoro, los flujos de lodo ingresarían a la ciudad por el sector centro-occidente. La zona de Amenaza Media, adicionalmente puede ser afectada por caídas piroclástica y onda de choque.

**4.9.3 Zona de Amenaza Baja.** Esta zona es la que tiene mayor distribución en extensión (Figura 1), está definida principalmente por las tendencias de depositación de material de caída piroclástica, las direcciones predominantes para depositación de caídas piroclásticas son norte, noroccidente y suroccidente-occidente, por lo cual los asentamientos que podrían ser más afectados por su

cercanía al cono activo, y por estar en las direcciones referidas anteriormente son Nariño y la Florida al norte, Jenoy y Mapachico al nororiente; Consacá, Yacuanquer y Tangua al occidente-suroccidente. La zona de Amenaza Baja, adicionalmente puede ser afectada por onda de choque. La mayor parte de la ciudad de Pasto se encuentra en esta zona de amenaza. La población de Consacá localizada a 13 km del cráter está en la zona de amenaza baja, ya que no sería afectada por flujos piroclásticos o de lodo gracias a la protección que brinda la barrera topográfica dada por la diferencia de nivel de 80 m aproximadamente, entre el fondo del valle y el nivel de construcción del casco urbano. Los depósitos de caída piroclástica pueden tener efectos nocivos sobre las personas y animales, causar daños parciales a los cultivos y techos de las viviendas, afectar los acueductos, redes eléctricas y telefónicas, así como la aeronavegación.

Figura 3. Zonas de Amenaza Alta ■ y Media ■ .



Fuente: Esta Investigación

#### 4.10. Efectos de las Amenazas Volcánicas en los sistemas de de suministro



## de agua

En cuanto a los efectos producidos por las caídas de ceniza, la dirección y velocidad del viento son factores externos de gran importancia para determinar la afectación de un determinado lugar; el tamaño de las partículas, su densidad (0,4-0,7 g/cm<sup>3</sup> en ceniza seca y 1-1,25 g/cm<sup>3</sup> en ceniza húmeda), su composición (acidez) y temperatura son factores internos que influyen en la afectación de elementos expuestos.

Al realizar la compilación de la información acerca de los efectos de la caída de ceniza volcánica y sus efectos a partir de las erupciones del volcán Galeras en el acueducto de la cabecera municipal de Nariño; no se encontró datos específicos de efectos ocasionados por caída de ceniza, por tal motivo se optó por realizar encuestas a personas residentes en estos municipios, con el fin de obtener alguna información de eventos ocasionados por erupciones del volcán Galeras.

En cuanto a los efectos por caídas de ceniza de las erupciones de Galeras, no se tiene mayores registros de daños sobre estructuras e infraestructuras de la zona de influencia del volcán.

Según el Sr. Eduardo Delgado, (anexo 2) artesano del municipio de Nariño cuenta: Las erupciones de 1936 y 1989, 2004 y 2005 arrojaron caídas de ceniza en la parte alta del volcán que afectaron los nacimientos de las quebradas; la infraestructura del acueducto no sufrió daños, solamente se afectó la calidad del agua, por lo cual el servicio se suspendió. El agua tenía olor desagradable.

Adicionalmente, el Sr. Aersio Legarda, (anexo 2) operador del acueducto de la cabecera municipal de Nariño, comenta que en la erupción de 1992, algunos peces de las quebradas aparecieron muertos por la caída de cenizas. Aunque algunas personas consumieron el agua no se reportaron afecciones de salud.

Según Blong<sup>28</sup> (1984), los efectos en el suministro de agua pueden ser divididos en:

- Efectos en el depósito
- Efectos en los componentes y el sistema de redes
- Efectos en el uso de agua

El autor hace relación de los efectos que se pueden presentar por erupciones volcánicas, afectando los componentes del sistema de abastecimiento, que han demostrado ser vulnerables en varias situaciones. Ejemplo en Heimaey en 1973 el flujo de la lava en el puerto rompió una de las dos tuberías de agua dulce (Williams y Moore, 1973: 15). Sin embargo, esto creó pocos problemas inmediatos puesto que la mayoría de la población ya había sido evacuada. Durante la erupción de Capelinhos de 1957-1958 la mayoría de las tuberías que llevan el suministro de

---

<sup>28</sup> Blong, Op. cit., p. 243.



agua de Horta se dañaron por los terremotos o por la deformación del terreno, así que, una escasez de agua severa se extendió hasta finales de 1958 (Parsons y Mulford, 1958).

Alrededor de Usu en 1944, los terremotos causaron daños en las tuberías de agua antes de que la erupción empezara. La deformación del terreno también causó varios problemas de suministro de agua; los canales de irrigación formaron lagos temporales y perturbaciones en las aguas subterráneas. En áreas de los lugareños movidos con esfuerzo ya no tenían el agua para beber o para irrigación, mientras en los pozos de los pueblos inmediatos las fuentes estaban inundadas (Minakami et al., 1952: 264-265; Minakami, 1974: 327). En Parícutin, 1944, el retrabajamiento de la ceniza causó flujos de escombros erosionados que produjeron obstrucciones con el cieno y la destrucción de los sistemas de irrigación (Rees, 1970: 13).

La larga y continuada erupción de Irazú que empezó en 1963, también produjo problemas con el sistema de suministro de agua en la ciudad San José capital de Costa Rica. La ceniza fina suspendida en el agua del río colmataron los filtros en los trabajos de agua de la ciudad. La principal estación de bombeo de agua salió de funcionamiento a mediados de junio de 1964, así que el agua tuvo que ser transportada en camión hacia la capital de las ciudades circundantes (US News y World Report, 56, 29 de junio de 1964: 71-73).

Problemas con la calidad de agua y con los sistemas de succión y de redes, inevitablemente conducen a cortes y racionamientos. La destrucción de las estructuras de succión de agua de Longview por los lahares del Río Cowlitz como consecuencia de las erupciones del 18 de mayo de 1980 de la Montaña St Helens llevaron a un sistema de racionamiento basado fechas de acuerdo con los números de la casa (Seattle Post-Intelligencer, 29 de mayo: A11).

Estos ejemplos ilustran varios puntos importantes. Incluso caídas de ceniza relativamente pequeña, 10 - 20 mm o menos, pueden generar más que 50% de aumento en la demanda del usuario durante la fase de la limpieza, por lo menos en las sociedades Occidentales. Aunque los métodos del racionamiento simples pueden ayudar a las autoridades del suministro para encontrar la demanda, problemas mayores habrían sido experimentados en el Estado de Washington oriental y central si las fuentes de agua superficiales no contaminadas no hubiesen estado disponibles a la mayoría de las comunidades; y el período de la limpieza hubiese coincidido con la demanda de agua de verano máximo.

## **5. RESULTADOS**

## **5.1. DIAGNOSTICO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA CABECERA MUNICIPAL DE NARIÑO**

En primer lugar se realiza una descripción del Municipio, estableciendo las características principales.

### **5.1.1. Características de la Cabecera Municipal de Nariño**

El Municipio de Nariño anteriormente era un corregimiento del Municipio de Pasto<sup>29</sup>, en la actualidad esta cabecera, está asentada sobre las laderas del Volcán Galeras (1°17'35" N y 77°21'48" W; Figura 3) a 6,7 km al norte del cráter activo de Galeras con una altura media de 2380 msnm, y ubicada al noroccidente de la ciudad de San Juan de Pasto, a 19 km de distancia por carretera la cual se encuentra pavimentada. El municipio de Nariño se estableció mediante Ordenanza No. 027 del 29 de noviembre de 1999, emanada por la Asamblea Departamental de Nariño. Adicionalmente, el municipio está conformado por las Veredas de Chorrillo, Yunguilla, Pueblo Viejo, El Silencio, y Alto Pradera.

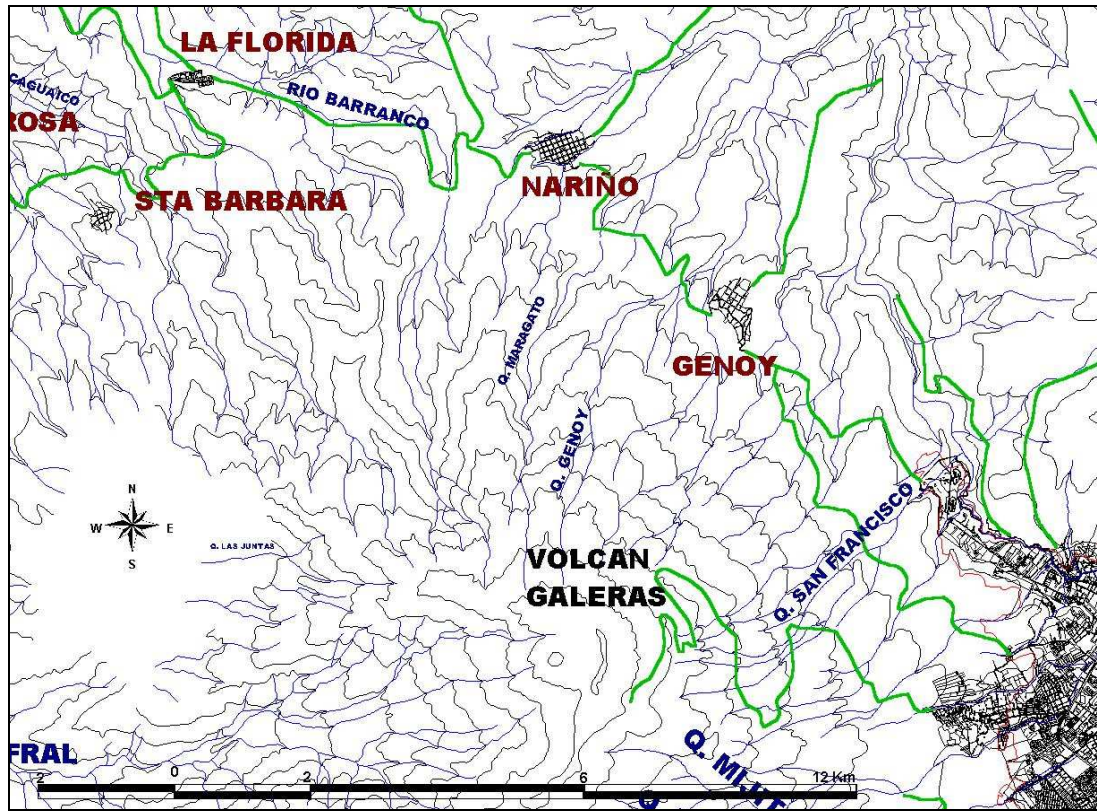
La población asentada actualmente en el Municipio de Nariño es de 4183 habitantes, de ellos 3156 ubicados en la cabecera municipal y 1027 se encuentran en la parte rural. El Municipio se caracteriza por su ganadería y agricultura, centradas estas actividades básicamente en la parte rural. Otras actividades que son desarrolladas por los habitantes de Nariño son el comercio y negocios (restaurantes), básicamente los fines de semana, donde la mayoría de gente visita el Municipio por las cercanía de éste a la capital Nariñense, la Ciudad de Pasto.

El Municipio de Nariño (Figura 4) tiene una temperatura que oscila entre 12 y 18°C, presenta dos tipos de climas: frío y templado. Los meses de mayor precipitación son: marzo, abril, septiembre y octubre; los de menor precipitación enero, febrero, junio, julio y agosto. Uno de los rasgos estructurales más sobresalientes del municipio es el Sistema de fallas de Romeral, el cual atraviesa el volcán Galeras con dirección N45°E y N10°E (INGE OMINAS, Plancha 429).

---

<sup>29</sup> Alcaldía Municipal de Nariño. Plan de Contingencia y Emergencia 2001 - 2004. p.47.

Figura 4. Volcán Galeras, cabecera municipal de Nariño al norte del volcán y la fuente de abastecimiento (Maragato).



Fuente: Esta investigación.

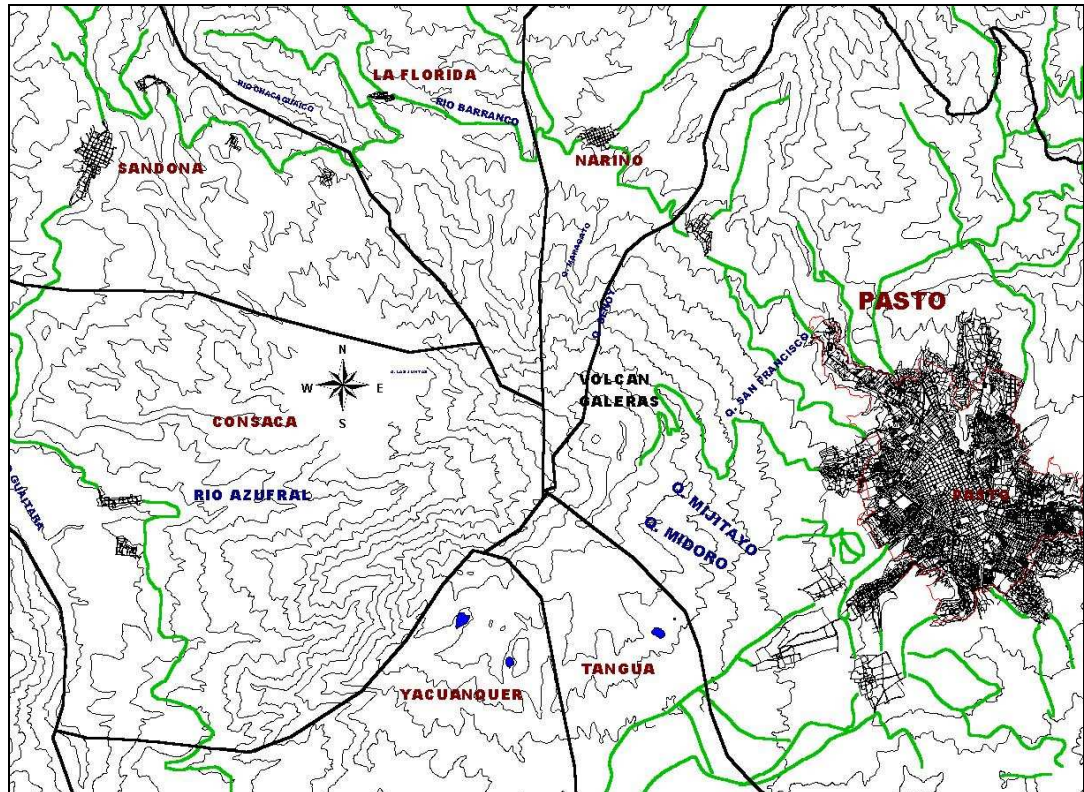
La fuente hídrica principal se denomina quebrada Maragato, la cual tiene como afluente la quebrada Pozo Verde, que posteriormente va a tributar sus aguas a la quebrada El Chorrillo, la cual abastece junto con la quebrada Santo Domingo al acueducto de la cabecera municipal de Nariño. La microcuenca Maragato se ubica al Suroccidente de la cabecera municipal entre los 2200 y 2900 m.s.n.m. con un área de 801.33 hectáreas, que corresponde al 31.12% y una longitud de 9862 metros presenta un caudal de  $92\text{lt/s}^{30}$  no tiene Plan de manejo de la microcuenca, esta se encuentra altamente intervenida, el cauce está totalmente desprotegido parte media y baja, existe evidente ampliación de la frontera agropecuaria. Se presentan procesos de erosión, deforestación por establecimiento de potreros.

El Municipio de Nariño cuenta con una concesión de aguas otorgada por la Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO, a través de la Resolución 407 del 19 de agosto de 2003, con las siguientes especificaciones:  $14\text{lt/s}$  de la fuente de uso público denominada Maragato localizada en la vereda

<sup>30</sup> Secretaria del Medio Ambiente.

Chorrillo y fuente Santo Domingo ubicada en la Vereda EL Silencio, equivalente al 15 % del caudal total aforado. Su destino para consumo humano.<sup>31</sup>

Figura 5. Vista parcial del municipio de Nariño



Fuente: Esta Investigación.

De otra parte el acueducto de la cabecera municipal de Nariño, fue construido en el año de 1956, a la fecha cuenta con una vida útil de servicio de aproximadamente 54 años. Este sistema a través de los años ha sido administrado por ACUANARIÑO que fue una institución oficial, posteriormente por una Junta de Usuarios, a partir del año 2003 fue administrado por una Cooperativa, y desde noviembre de 2005 la Administración de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo, se encuentra a cargo de la Corporación de servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo CORSEN LTDA, con representación legal del Alcalde Municipal.<sup>32</sup>

<sup>31</sup> CORPONARIÑO. Expediente 1372 resolución 407 del 19 de agosto de 2003.

<sup>32</sup> Esquema de ordenamiento Territorial 2008 – 2019.



## 5. 2 Componentes del Sistema de Acueducto:

En este orden de ideas y de acuerdo al trabajo de campo efectuado mediante visitas, registro fotográfico, ubicación geográfica, se tiene como principal componente natural las fuentes abastecedoras<sup>33</sup>, siendo estas las que presentan mayor vulnerabilidad por tener su origen en las laderas del volcán galeras y encontrarse en canal abierto hasta la entrada a la primera bocatoma de la quebrada Maragato, la cual se describe a continuación:

La bocatoma se encuentra en regular estado, ya que presenta grietas y degradación del material de construcción: Esta estructura está localizada a 1,5 km de los tanques de abastecimiento en línea recta y con un recorrido de tubería de unos 2.500 m aproximadamente (figura 5).

Figura 6. Vista aguas arriba de la rejilla de la bocatoma quebrada Maragato.



Fuente: Esta Investigación.

Posteriormente el agua sale de la bocatoma en tubería de 6" y pasa a un tanque de almacenamiento (figura 6) en estructura de concreto reforzado, el cual presenta fracturas. (Anexo 3).

---

<sup>33</sup> Quebradas Maragato y Santo Domingo

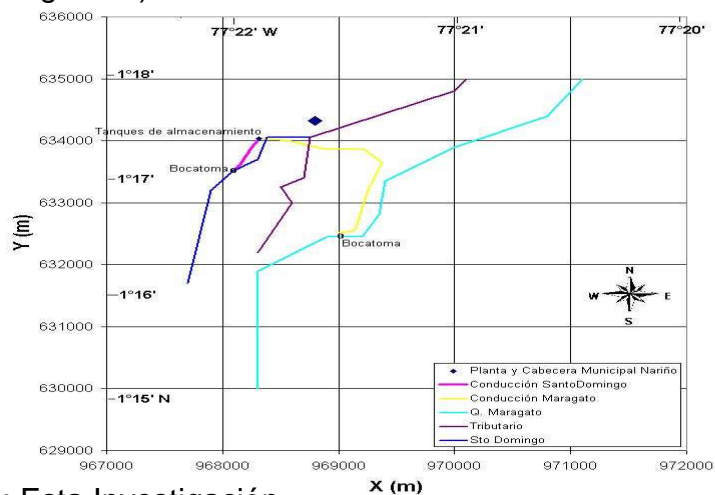
Figura 7. Tanque de almacenamiento en el sector de la bocatoma de Maragato.



Fuente: Esta Investigación.

Su conducción se realiza de la siguiente manera: los primeros 1288 m en tubería de asbesto - cemento de 6 pulgadas donde se hace una derivación de 2 pulgadas hacia Pueblo Viejo y Pradera Baja; seguidamente hacia Nariño, unos 641 m en tubería de asbesto - cemento de 4 pulgadas y conecta a los tanques en una longitud de 571 m en tubería de PVC de presión de 3 pulgadas (figura 7). En un recorrido sobre la conducción se totalizaron 5 ventosas son válvulas que permiten evacuar el aire acumulado en la tubería, cuando esta se encuentra en condiciones de operación, se caracterizan por tener orificios de aire pequeño, y 2 purgas, válvulas de escape, que permiten que la tubería se limpie y evite taponamiento y suspensión del servicio, actualmente éstas válvulas presentan problemas de fuga de agua.

Figura 8. Esquema del acueducto de la cabecera municipal de Nariño. (Rombo azul más grande).



Fuente: Esta Investigación

A la fuente Maragato le tributa la quebrada denominada Santo Domingo la cual consta de una bocatoma de fondo (figura 8) que presenta grietas y degradación del material de construcción (Anexo 4),

Figura 9. Bocatoma de la quebrada Santo Domingo



Fuente: Esta Investigación

Esta fuente esta localizada a unos 550 m aproximadamente de los tanques de almacenamiento en línea recta (Figura 6) y la conducción del agua se realiza por tubería de PVC sanitaria de 4 pulgadas en una longitud de 582 m, aunque la salida de la bocatoma se hace en tubería PVC de 6". En el recorrido de la conducción se totalizaron dos ventosas, que permite evacuar el aire acumulado en la tubería. A la altura de la bocatoma el ganado tiene acceso a la fuente de agua encontrándose estiércol en la orilla de la fuente.

Las conducciones de las quebradas de Santo Domingo y Maragato se unen a través de una cámara de llegada, (figura 9) en la cual se realizó una medición de caudal obteniendo una descarga de 4 l/s en la tubería de 4" de Santo Domingo y 4,5 l/s en la tubería de 3" de Maragato.



Figura 10. Quebrada Santo Domingo (tubería esquinera) y Maragato.



Fuente: Esta Investigación

Después de la cámara el agua pasa a un tanque desarenador, mediante dos orificios de 6 pulgadas. Tanto las cubiertas de la cámara de llegada como la del desarenador son en concreto reforzado de 6 cm de espesor.

Figura 11. Tanque desarenador (estructura posterior a la cámara de llegada).



Fuente: Esta Investigación

Posteriormente, el agua sale por una tubería de 6 pulgadas y es conducida hacia un canal ubicado en una caseta para realizar su desinfección.



Figura 12. Caseta donde se realiza la desinfección del agua.



Fuente: Esta Investigación

La caseta (3,33 m x 2,35 m) está hecha en mampostería de ladrillo con cubierta de teja de Eternit y no cuenta con especificaciones sismo-resistentes (Anexo 6 y 7). Dentro de la caseta hay un tanque plástico de 200 lt (Anexo 8) a los cuales se les mezcla 4 lt de cloro que se dosifican en un lapso de 11 horas a partir de las 7:00 a.m.

Figura 13. Tanque de desinfección y el canal por donde pasa el agua.



Fuente: Esta Investigación

El acueducto cuenta con dos tanques de abastecimiento; uno principal y otro auxiliar. El principal tiene una capacidad aproximada de 140 m<sup>3</sup> de almacenamiento y el auxiliar tiene una capacidad aproximada de 80 m<sup>3</sup> de almacenamiento; para un total de 220 m<sup>3</sup> de almacenamiento de agua para surtir a la población principalmente urbana. La estructura de los tanques de almacenamiento es de concreto reforzado con espesor de muros de 15 cm y de cubierta de 7 cm, estos tanques se encuentran deteriorados.

Figura 14. Tanques de almacenamiento.



Fuente: Esta Investigación

De los tanques de almacenamiento, sale una red principal de aproximadamente 400 m en tubería de asbesto - cemento de 4 pulgadas, de allí en adelante se distribuye a las redes primarias en tubería de 3 pulgadas en asbesto cemento que cubre toda la población urbana excepto las redes de las vías pavimentadas, las cuales cuentan con tubería de PVC principalmente en media pulgada y algunas en diámetros de una pulgada y tres cuartos de pulgada.

En el momento, este servicio cubre el 100% de la población de la cabecera Municipal. El acueducto, a pesar de contar con una caseta de desinfección, no se está aprovechando para su correspondiente servicio, por asuntos administrativos y de presupuesto para la adquisición de los insumos, se tiene presupuestado en próximos meses realizar propuestas para solventar este proceso, por ahora el agua consumida por sus habitantes no se realiza un tratamiento de desinfección, sino que se conduce cruda hasta los hogares.

En general la cabecera municipal de Nariño, cuenta con importantes fuentes de abastecimiento de agua; sin embargo, el uso irracional e inadecuado, por parte de

sectores productivos como lácteos, lavaderos de autos y la comunidad en general, que desperdicia y malgasta el agua en los diferentes procesos, (gasta más de lo necesario, deja abierto las llaves, entre otras) teniendo como consecuencia que algunos sectores ubicados en la parte alta, no cuenten de manera normal con el suministro del líquido principalmente en épocas de verano. (Anexo 16). Esta situación se ha mantenido por mucho tiempo ya que las tarifas que los usuarios pagan por el servicio son sumamente bajas (\$ 7.000 año). Teniendo en cuenta la información suministrada por CORSEN LTDA el número de usuarios del sistema es de aproximadamente 649 usuarios.

De esta manera y aprovechando las exigencias de la normatividad ambiental vigente, (Ley 373/97) la cual establece que los Municipios y/o empresas, juntas de acueducto, elaboren un programa para el uso y ahorro eficiente del agua, lo cual conlleva la programación e implementación de actividades de concientización y sensibilización a la comunidad en general para disminuir el uso irracional del recurso agua. Este es un punto a favor para CORSEN LTDA que maneja el sistema de acueducto, por que se requiere estar regulado y apoyado por otras entidades gubernamentales de la región, realizando gestiones para incorporar ideas y proyectos que contribuyan a la conservación del agua, bajo la perspectiva del ahorro y uso eficiente.

## **6. IDENTIFICACION DE LOS COMPONENTES QUE PRESENTAN MAYOR VULNERABILIDAD EN EL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA CABECERA MUNICIPAL DE NARIÑO**

Para efectos cuantitativos, la determinación y análisis de vulnerabilidad desarrollados en el presente trabajo, se expresan en una escala desde 0 (no daño) a 1 (daño total) y consta de un manejo integral de tres componentes:

- **Componente Administrativo:** Permite conocer las características más importantes de la administración e identificar las acciones específicas de su competencia, una vez analizada esta información nos permitirá reconocer principalmente las fortalezas y debilidades de la administración local (Corporación), desde el punto de vista de la caída de ceniza volcánica que afecte el sistema de acueducto de la cabecera municipal de Nariño, así como si se cumple con la legislación y normativas vigentes, y si existe la posibilidad de aprovechar el marco de leyes para implementar medidas de mitigación, para recolectar esta información se implementará la ficha de Identificación de la Vulnerabilidad Administrativa (anexo 3 y 7).

De acuerdo con lo anterior, para el componente administrativo, se contemplan los siguientes factores, que nos permiten ampliar la información que existe del sistema integral de acueducto:

- Cobro de Tarifas del servicio de acueducto.
  - Recursos Financieros presupuestados e invertidos
  - Capacitación
  - Equipo de oficina
  - Conocimiento y actualización del sistema de acueducto
  - Plan de contingencia
  - Planos del sistema
  - Tiempo de funcionamiento
  - Plan de prevención y mitigación de desastres
  - Coordinación intra e inter institucional
  - Usuarios del servicio de acueducto
- 
- **Componente Operativo:** Determina la unidad de operación (operador) y su relación con la administración, las acciones específicas de su competencia y su conocimiento del sistema de acueducto, con la información obtenida se conoce las debilidades y fortalezas de la unidad de operación y mantenimiento del sistema de acueducto y tomar como referente para implementar las medidas de mitigación. La operación del sistema se puede observar de manera directa en la administración tanto del sistema, la unidad de operación y mantenimiento, mediante inspección y revisión del diseño original y su funcionamiento, el manual de operación y mantenimiento. Para obtener dicha información se

implementará la ficha de Identificación de la Vulnerabilidad Operativa, (Anexo 4 y 8).

Para el componente operativo, se contemplan los siguientes factores:

- Equipo de mantenimiento y reparación
  - Capacidad de abastecimiento
  - Registros de caudales
  - Frecuencia en la operación y mantenimiento del sistema
  - Capacitación
  - Tratamiento de agua
  - Horarios definidos para mantenimiento y operación del sistema
  - Tiempo de trabajo de los operadores
  - Simulacros para la implementación plan de contingencia.
- 
- Componente Físico: nos permite identificar las situaciones favorables y principalmente las condiciones desfavorables actuales de los componentes del sistema de acueducto, de acuerdo a su ubicación en relación a la caída de ceniza volcánica; puesto que la vulnerabilidad física puede presentarse por condición y/o por ubicación.

De esta manera para identificar el estado actual del sistema de acueducto se va a realizar una inspección mediante visita de campo a cada uno de los elementos, equipos y accesorios de cada componente e identificar su estado, su conformidad con las normas de diseño, su utilidad dentro del funcionamiento del sistema y su necesidad, permitiendo determinar los elementos y componentes deficientes para el funcionamiento normal del sistema de acueducto de la cabecera municipal de Nariño. Para obtener dicha información se implementará la ficha de Identificación de la Vulnerabilidad Física, (Anexo 6 y 9).

Para el componente físico, se puede establecer la susceptibilidad de un elemento bajo riesgo, de sufrir daño ante el fenómeno de amenaza, en consideración a la relación funcional de las variables<sup>34</sup>.

Nivel de exposición del elemento,  $E$  tomado como la intensidad prevista o esperada de una amenaza específica en el sitio del elemento.

Resistencia del elemento  $R$  considerada como la capacidad de carga límite que el elemento ofrece ante la acción del fenómeno amenazante y que determina su funcionalidad.

$$V = E/R$$

Considerando los siguientes factores:

- Nacimiento de la fuente de abastecimiento

---

<sup>34</sup> Díaz - Granados, Op. Cit., p 78.

- Como es el recorrido de la fuente hídrica quebrada Maragato, desde su origen hasta la captación – Bocatoma.
- Estado de los tanques de almacenamiento
- Estado de las tuberías de conducción
- Vida útil del sistema de abastecimiento
- Material de la tubería utilizada para la conducción, aducción y distribución del agua para abastecimiento humano.
- Medidas sismorresistentes empleadas
- Planta de tratamiento (pretratamiento – cloración)

En términos generales, la vulnerabilidad puede establecerse a través de un enfoque de carácter social y técnico; en el primer enfoque es posible hacer una cuantificación en forma relativa, debido a que está relacionada con aspectos económicos, educativos, culturales, entre otros; en el segundo enfoque es posible hacer una cuantificación real en términos físicos y funcionales, como es el caso de las pérdidas referidas a daños o la interrupción del servicio.

Teniendo en cuenta los factores anteriores de los tres componentes empleados para la determinación de la vulnerabilidad, se utiliza un sistema de matrices, alimentadas con información condensada en los formatos denominados fichas de información tomados y modificados del manual para “Mitigación de Desastres Naturales en Sistemas Rurales de Agua Potable”, con el fin de calificar la vulnerabilidad presente asociada con cada factor de los diferentes componentes.

Con el fin de poder evaluar la vulnerabilidad cualitativamente a partir de la calificación obtenida anteriormente, se toma en consideración la categorización que ha empleado INGEOMINAS en estudios relacionados, la cual contempla tres niveles: alto, medio y bajo, estableciendo rangos entre:

1.0 y 0.66 vulnerabilidad alta, considerando desde destrucción total que exigen el reemplazo total o daños severos que demandan un alto costo de reparación. De 0.66 a 0.33 vulnerabilidad media esperando daños moderados que se pueden reparar y valores menores a 0.33 vulnerabilidad baja esperando que la afectación sea mínima.

Cuadro 2. Descripción y evaluación de los factores establecidos para el componente Administrativo.

Factores	Componente administrativo	Calificación Vulnerabilidad
	Cabecera Municipal de Nariño	
1. Cobro de Tarifas del servicio de acueducto. (como se realiza y que tipo de tarifas se maneja, por estrato, sector o consumo)	Tarifa común	0.66
2. Recursos Financieros presupuestados (para la administración del sistema de acueducto).	\$ 4.700.00/año	0.5
3. Capacitación (se ha efectuado capacitación por parte de la Empresa, a la parte administrativa, cual fue su último registro)	Con registro de junio del 2003	0.5
4. Equipo de oficina (que equipos indispensables cuenta la Empresa para llevar registros de usuarios y pagos por el servicio).	Un computador, papelería para facturación	0.6
5. Conocimiento y actualización del sistema de acueducto (la parte administrativa que hace parte de la presentación del servicio conoce como funciona el sistema de acueducto).	No conoce detalles del sistema	0.8
6. Plan de contingencia (la Empresa cuenta con un plan en caso de presentarse una emergencia interna o externamente, y que afecte el normal funcionamiento del sistema de acueducto).	No cuentan con Plan de Contingencia	1

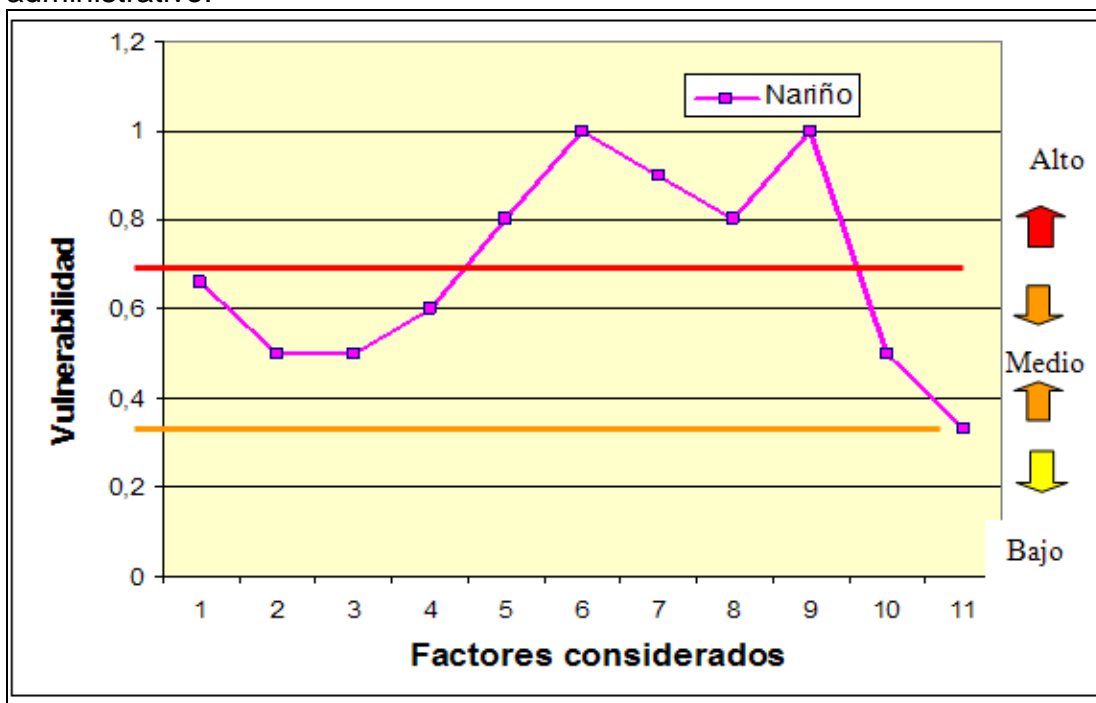
7. Planos del sistema (la parte administrativa tiene un archivo donde reposen los detalles del sistema de acueducto, para detectar e identificar las afectaciones en planos y actuar con mayor certeza).	No cuenta con planos	0.9
8. Tiempo de Funcionamiento (es importante tener en cuenta cual es el periodo de funcionamiento, ya que nos determina la resistencia y calidad de la infraestructura).	4 años	0.8
9. Plan de prevención y mitigación de desastres Naturales (si la Empresa cuenta con dicho plan, para estar preparados en caso de presentarse una emergencia y que afecte el normal funcionamiento del sistema de acueducto).	Carece de un Plan	1
10. Coordinación intra e inter institucional (el actor principal para efectuar todas las acciones con resultados eficientes y efectivos).	Alcaldía	0.5
11. Usuarios registrados (quienes reciben un servicio esencial y pagan por su calidad y continuidad).	649	0.33

Fuente. Esta Investigación, Datos suministrados por Corsen Ltda.



La gráfica 1 presenta la calificación de vulnerabilidad correspondiente a los factores aludidos en el componente administrativo, así como las categorías de vulnerabilidad correspondientes.

Gráfica 1. Resultados de los factores establecidos para el componente administrativo.



Fuente esta investigación

La Gráfica 1 indica la vulnerabilidad administrativa que actualmente presenta el sistema de acueducto de la cabecera municipal de Nariño; cabe destacar que la mayor vulnerabilidad se presenta por la falta de planes de prevención, mitigación y contingencia. Otros factores como el recurso humano no cuenta con la suficiente formación relacionada con la prevención de desastres y no tienen el conocimiento necesario sobre el funcionamiento del sistema de acueducto, de igual manera es necesario resaltar que la Cooperativa que administra el acueducto del Municipio de Nariño no dispone con los recursos financieros necesarios para su buen desempeño. Factores estos que inciden en que la población de este municipio sea más susceptible de verse afectada principalmente en la continuidad y calidad del servicio de abastecimiento de agua, en caso de presentarse una erupción del volcán con expulsión de ceniza, puesto que la Empresa que administra el sistema carece de información, conocimiento del sistema de acueducto y además no

cuenta con planes que permitan mitigar los impactos en caso de presentarse una emergencia.

Cuadro 3. Descripción y evaluación de los factores establecidos para el Componente Operativo.

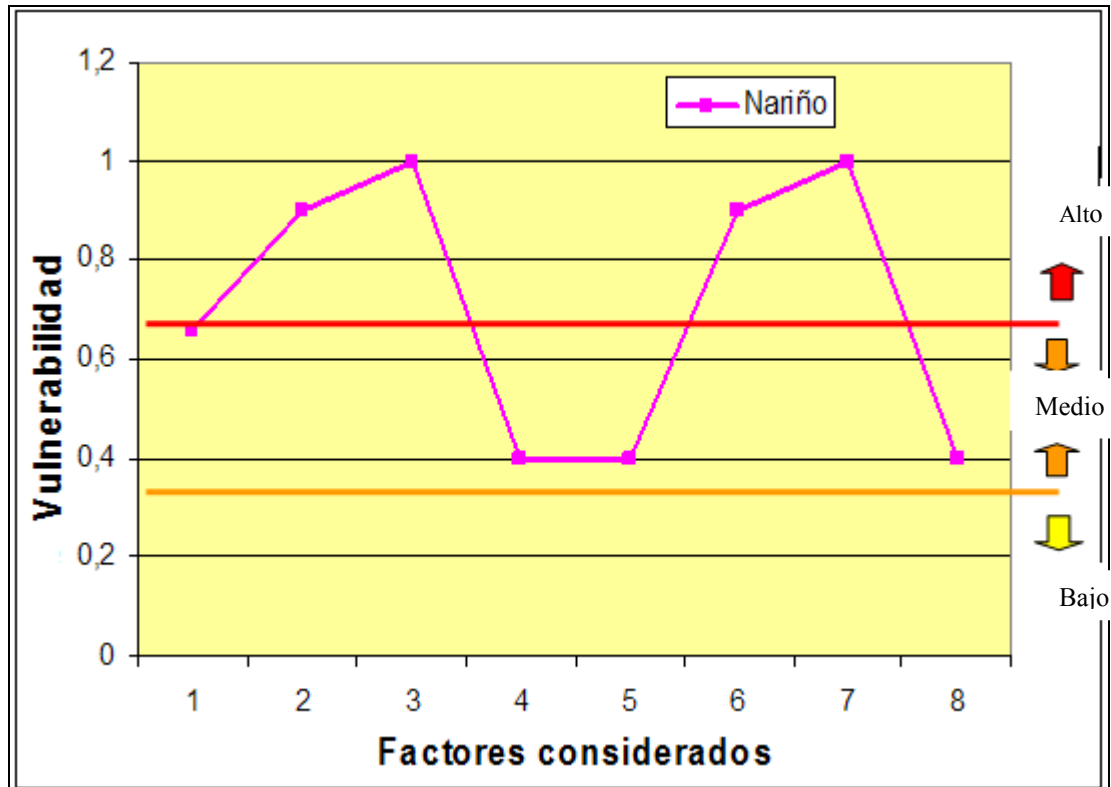
Factores	Componente Operativo	Calificación Vulnerabilidad
	Cabecera Municipal de Nariño	
1. Equipo de mantenimiento y reparación (cuentan con elementos necesarios para atender fugas, rupturas de tuberías y agrietamiento de la infraestructura)	Los equipos son deficientes de esta manera el sistema cuenta con tubería PVC, y AC en regular estado, por falta de mantenimiento y reparación en periodos cortos de tiempo.	0.66
2. Capacidad de abastecimiento (la capacidad del sistema es suficiente para atender a los usuarios que hacen uso del servicio de acueducto).	220m <sup>3</sup> – déficit en verano. Capacidad que debe aumentar como medida de contingencia.	0.9
3. Registros de caudales (presentan un registro de la cantidad de agua que llega al sistema, se almacena y se distribuye a la comunidad)	La empresa no cuenta con un registro ordenado de caudales.	1
4. Frecuencia en la operación y mantenimiento del sistema (es suficiente el tiempo y el mantenimiento del sistema para prestar un servicio de calidad a la comunidad).	1 vez cada quince días, se debe tener programado como mínimo un mantenimiento cada 8 días, en temporada de invierno y la operación adecuada debe ser frecuente. Se debe estar preparado para atender cualquier contingencia.	0.4

5. Capacitación (se ha efectuado talleres, charlas y/o eventos de capacitación en cuento a la operación del sistema de acueducto, para mejorar la prestación del servicio).	Junio del 2003, las capacitaciones sobre la importancias de una buena operación y mantenimiento del sistema de acueducto es importante y debe programarse como mínimo dos veces al año, para actualización y planteamiento de nuevas y mejores acciones para un optimo servicio.	0.4
6. Tratamiento de agua (el agua que se distribuye a la comunidad cuenta con previo tratamiento para mejorar la calidad del producto).	Cloración, el tratamiento del agua antes de su distribución es importante para que sea apta para consumo humano, sin embargo por costos de las tecnologías eficientes, no se cuenta con un sistema sofisticado, de todas maneras las cloración es un buen método de desinfección.	0.9
7. Horarios definidos para mantenimiento y operación del sistema (la empresa tiene establecido cronogramas mes a mes del mantenimiento y operación del sistema de acueducto para garantizar un servicio continuo y de calidad).	No cuentan con un horario definido para su mantenimiento y operación, lo cual es importante para actuar en el momento justo y necesario, mas no cuando ya se presentan los acontecimientos.	1
8. Tiempo de trabajo de los operadores (la experiencia de los operarios en el funcionamiento del sistema hace que garantice un mejor servicio).	10 años es representativo el tiempo, sin embargo como no han continuidad de los operarios (personal) también el sistema puede presentar percances en su operación.	0.4

Fuente. Esta Investigación Datos suministrados por Corsen Ltda.

La gráfica 2 presenta la calificación de vulnerabilidad correspondiente a los factores aludidos en el componente operativo, así como las categorías de vulnerabilidad correspondientes.

Gráfica 2 Resultados de los factores establecidos para el componente operativo



Fuente esta Investigación.

La gráfica 2 indica la vulnerabilidad operativa que actualmente tiene el sistema de acueducto de la cabecera municipal de Nariño; de esta manera la mayor vulnerabilidad se presenta por varios factores entre ellos la falta de capacitación al personal encargado del mantenimiento y operación del sistema, lo que ocasiona un déficit en la prestación del servicio, conllevando a una pérdida en la calidad del agua, que puede presentarse por no tener el personal idóneo para hacer las capacitaciones y falta de gestión con otras entidades para el apoyo en estos temas relevantes en el Municipio y sobre todo teniendo en cuenta las contingencias que se pueden presentar por su ubicación y que se pueden atender a tiempo si están preparados y aptos para cualquier evento relacionado con el buen funcionamiento del sistema de acueducto, tampoco presenta registro de caudales y horarios definidos para la operación y mantenimiento del sistema, lo cual hace que se desconozca el consumo total de la población registrada, a esto se puede añadir que no cuentan con un horario definido y puede traer consigo el aumento del tiempo de respuesta ante una eventualidad.

Cuadro 4. Descripción y evaluación de los factores establecidos para el Componente Físico.

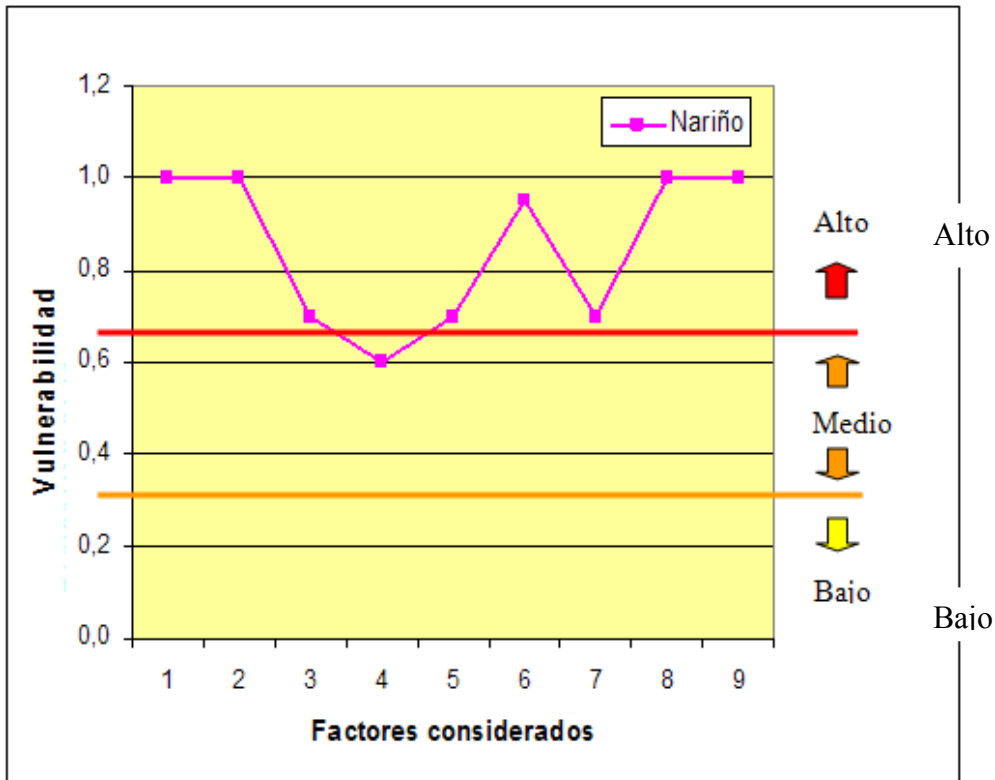
Factores	Componente Físico	Calificación Vulnerabilidad
	Cabecera Municipal de Nariño	
1. Nacimiento de la fuente hídrica quebrada Maragato, de la cual se abastece el sistema de acueducto (sitio donde se origina la fuente y llega hasta el sitio de captación la bocatoma.	El nacimiento esta al sur del Municipio hacia el cráter del complejo volcánico Galeras esta formada por vertientes de cimas aguda a través de las cuales corre la quebrada Maragato, por un Valle escarpado.	1
2. Como es el recorrido de la fuente hídrica quebrada Maragato, desde su origen hasta la captación - Bocatoma (como se observó la bocatoma o captación del agua que abastece al Municipio de Nariño).	Se observó que la quebrada Maragato hace su recorrido desde su nacimiento hasta la captación en canal abierto, sin ninguna protección y expuesta a la contaminación, más aún en el caso de presentare una caída de ceniza volcánica, ya que esta cae directamente a la fuente que se encuentra desprotegida.	1
3. Estado de los tanques de almacenamiento (como se observó la estructura y el material que están contruidos los tanques)	Los tanques de almacenamiento presentan agrietamiento y fisuras, en algunas partes de su infraestructura, evidenciado deterioro y falta de mantenimiento preventivo..	0.7
5. Estado de las tuberías de conducción, aducción y distribución. (como se observó el material de las tuberías en el recorrido).	La tubería en algunos tramos del recorrido presenta fugas, ocasionando inconvenientes por tiempo en la conducción del agua hacia los tanques de almacenamiento, y disminución volumen de distribución hacia la comunidad.	0.7
6. Vida útil del sistema de abastecimiento (cuanto tiempo lleva de funcionamiento el sistema de acueducto).	El sistema de acueducto de Nariño presenta un tiempo de funcionamiento de 47 años, evidenciando deterioro en parte de su infraestructura.	0.95

7. Material de la tubería utilizada para la conducción, aducción y distribución del agua para abastecimiento humano.	La mayor parte de la tubería es de material denominado Asbesto cemento - AC, 1912 m	0.7
	En un porcentaje mas bajo se tiene tubería en PVC, 1154m	1
8. Medidas sismorresistentes empleadas (actualmente las normas para construcción de sistemas de abastecimiento exigen estas medidas para evitar colapso de las infraestructuras que hacen parte de un acueducto).	Ninguna (en el caso del sistema de acueducto de Nariño, que fue construido hace mucho tiempo atrás, donde no se contemplo la implementación de dichas medidas).	1
9. Planta de tratamiento (sistema o proceso de tratamiento del agua antes de ser distribuida a la comunidad para consumo humano - pretratamiento – cloración)	El agua que se distribuye a la comunidad de la cabecera municipal de Nariño, no cuenta con planta de tratamiento, sin embargo efectúan la desinfección en un tanque dosificador de cloro en el cual se utiliza 5 litros de cloro por cada 200lt de agua.	1

Fuente. Esta Investigación Datos suministrados por Corsen Ltda.

La gráfica 3 presenta la calificación de vulnerabilidad correspondiente a los factores aludidos en el componente físico, así como las categorías de vulnerabilidad correspondientes.

Gráfica 3. Resultados de los cada factores establecidos para el componente físico



Fuente esta Investigación

La gráfica 3 indica la vulnerabilidad física que actualmente presenta el sistema de acueducto de la cabecera municipal de Nariño; está relacionada con la ubicación de la fuente de abastecimiento, la cual se encuentra en la ladera del volcán Galeras, por esta razón está catalogada en la vulnerabilidad alta, donde se presentará mayor impacto en el momento de ocurrir una erupción volcánica, a esto se le aumenta la vulnerabilidad en la fuente por encontrarse a canal abierto, no posee ningún tipo de cobertura, ya que la vegetación es escasa en esta zona, a esto se le aumenta que las infraestructuras no tienen medidas sismoresistentes adecuadas lo cual hace que el sistema sea más susceptible de sufrir daños.

Las fuentes de abastecimiento del sistema de acueducto estudiado se originan en las laderas del volcán Galeras, y teniendo en cuenta que el nivel de exposición del elemento aumenta con la cercanía a los focos de emisión de ceniza, éstas resultan ser vulnerables.

A esto se suma las altas pendientes, la escasa cobertura vegetal y efectos erosivos que en condiciones de lluvia, pueden propiciar el arrastre de depósitos de cenizas hacia las fuentes de agua y por ende contaminándola tanto en sus características físicas como químicas. Una vez contaminadas las fuentes de abastecimiento, la ceniza mezclada con el agua puede producir lodos que

presentan viscosidad variable dependiendo de la cantidad de la ceniza en la masa de agua y según su densidad los componentes del sistema de acueducto también se verían afectados en orden de aparición de los mismos:

- Bocatomas y líneas de aducción
- Tanques desarenadores
- Líneas de conducción
- Tanques de almacenamiento
- Caseta de cloración
- Red de distribución

En aquellos sistemas con sedimentador posterior a la captación, se puede amortiguar el impacto sobre las líneas de conducción para estos sistemas, que son en conducto cerrado, evitando obstrucciones con sobrepresiones, de igual manera para que los sistemas de decantación no tengan un trabajo ineficiente y que los filtros de la planta de tratamiento continúen su funcionamiento es necesario evitar la caída directa de la ceniza al sistema de tratamiento, puesto que son puntos críticos y al presentarse exposiciones prolongadas de ceniza contaminada con gases de azufre, los componentes del sistema en concreto pueden verse afectados por deterioro de las condiciones resistentes de los mismos.

## **7. MEDIDAS DE MITIGACION POR CAIDA DE CENIZA SOBRE LOS**



## **COMPONENTES VULNERABLES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA CABECERA MUNICIPAL DE NARIÑO**

El análisis de vulnerabilidad es la base para establecer las acciones tendientes a establecer planes tendientes a mitigar los efectos ocasionados por una erupción volcánica con expulsión de ceniza.

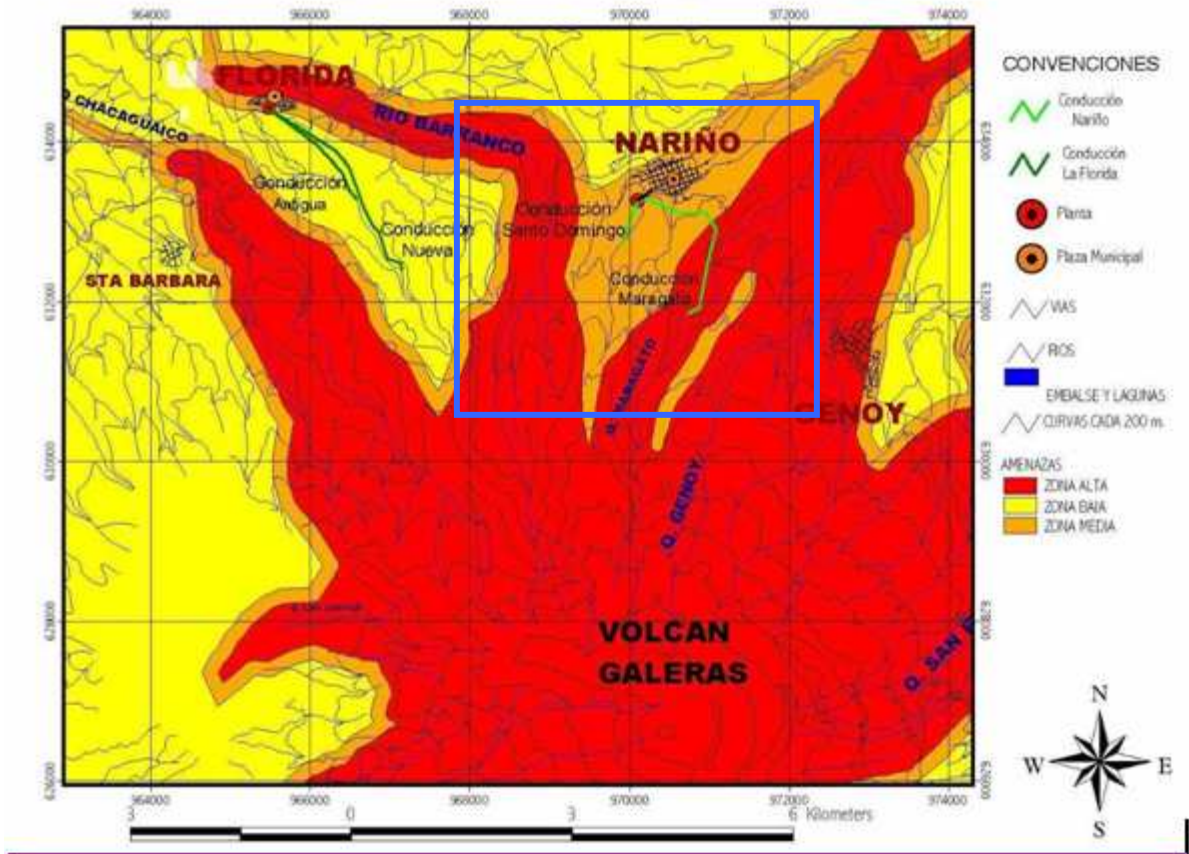
Es importante tener en cuenta que una buena aplicación de las medidas de mitigación requiere una incondicional decisión política y empresarial, que brinde el apoyo en el ámbito de la planificación para atender situaciones de emergencia. De lo contrario no se podrá reducir los efectos que puede tener en este caso una erupción volcánica sin la asignación de los recursos. Debe tenerse en cuenta que con una asignación modesta, pero continúa, es factible obtener grandes resultados.

La determinación de las medidas de mitigación, tras una estimación de la vulnerabilidad, permite programar las acciones previas para reducir los efectos de la amenaza sobre el sistema. Basándose en dichas medidas se formulan las operaciones de emergencia, la realización de convenios y acuerdos con otras instituciones, la preparación de cursos de capacitación, la asignación de recursos materiales y la identificación de proyectos de reforzamiento de los componentes del sistema. A continuación se presentan las acciones y lineamientos que pueden ser incorporados para disminuir el riesgo del sistema de acueducto de la cabecera municipal de Nariño:

- Elaborar un plan de emergencia, teniendo en cuenta que se tiene los factores que presentan mayor riesgo, identificando así las posibles consecuencias, su respectiva ponderación, las acciones de mitigación y el responsable de las acciones, también que contenga procedimientos, instructivos e información necesaria para preparar, movilizar y utilizar los recursos disponibles de la empresa prestadora de servicio de acueducto, con el objetivo de reducir al máximo el impacto de los desastres en los servicios, y conseguir que éstos se recuperen lo antes posible para cubrir las necesidades de la población afectada, garantizando el suministro de agua potable.
- Reforzar los componentes estructurales del sistema de acueducto, como son la bocatoma, tanques desarenadores, de almacenamiento y las casetas de desinfección, con el fin de aumentar su resistencia. Para este se presenta un análisis de los costos de las estructuras para ser reemplazadas o realizar adecuaciones y mejoras en las medidas de mitigación vulnerabilidad física (Anexo 10).
- Minimizar la exposición con la búsqueda de fuentes alternas de abastecimiento para el Municipio de Nariño, puesto que la quebrada
-

Maragato, se encuentra en amenaza alta, de acuerdo al mapa de amenaza del volcán Galeras, como se presenta en la gráfica 4.

Gráfica 4. Acueducto de la cabecera Municipal de Nariño.



Fuente. Esta Investigación

- Establecer un plan de aseguramiento de la infraestructura de Servicios Públicos (Líneas de Conducción, Red de Distribución, etc.). Priorizar inversión de acuerdo a la evaluación de vulnerabilidad presentada y capacidad financiera de la Empresa. Se recomiendan tramos más vulnerables y en lo posible que presenten afectación a terceros
- Para el sistema de acueducto de la cabecera municipal de Nariño, que se encuentra en funcionamiento debe elaborarse y mantenerse actualizados los planes de Gestión Ambiental y de emergencia.
- Actualizar preferiblemente una vez por semana el catastro técnico de tuberías, válvulas y registro de visitas, garantizando un stock de materiales de repuestos para situaciones de emergencias en caso de presentarse una erupción con caída de ceniza y haya obstrucción o daños en la tubería.

- Teniendo en cuenta que en la valoración efectuada en el componente físico del sistema de acueducto de la cabecera municipal de Nariño se encuentra deteriorado y en malas condiciones, de esta manera es necesario Implementar accesorios en el sistema de acueducto que permitan el cierre oportuno del flujo hídrico hacia las redes de distribución. Además, puede facilitarse la implementación de válvulas de cierre abajo de las áreas de colección antes de que la caída de ceniza empiece y los tanques desarenadores se llenen.
- Zonificar o establecer sectores de operación a través de válvulas, de forma tal que las reparaciones se realicen en el menor tiempo posible una vez la emergencia se detecte en la zona. En áreas con terreno natural expuesto, y en donde hay tuberías enterradas, se debe proteger con grama u otro material vegetal que hay a lo largo del sistema.
- En las redes de distribución de agua, proveer válvulas estratégicamente localizadas, de manera que las áreas de riesgo a sufrir daños por caída de ceniza volcánica puedan ser fácilmente aisladas. De igual manera usar tuberías de material resistente, en los tramos que pasan actualmente por áreas más vulnerables establecidas en el estudio
- Los problemas de calidad de agua como acidez producidos por la caída de ceniza pueden reducirse por el almacenamiento temporal y floculación, y la turbiedad se puede manejar con sedimentación del material fino el cual se precipita aunque las partículas muy finas pueden permanecer en la suspensión por largos períodos.
- Construcción de un tanque de reserva, de 80m<sup>3</sup>, capacidad calculada de acuerdo al área disponible al sistema actual de almacenamiento y al cálculo del suministro que se tiene por los usuarios registrados, capacidad que puede solventar el suministro normal por un periodo corte de tiempo, hasta que se solventa la emergencia. Este tanque debe ser construido cerca al tanque principal que actualmente tiene el municipio de estudio, debe estar provisto de una llave de paso que sea utilizada en el caso de una emergencia y también sería un beneficio para la comunidad en temporada de verano, ya que se ha observado disminución de caudales en esta temporada del año y debe someter a la comunidad a un racionamiento.
- Implementar programas de reforestación de especies que se adapten a la zona, en este caso Aliso, Cedro de Altura y Laurel, en un área de 2 hectáreas y con 3000 plántulas de las especies mencionadas, en las fuentes de captación para contrarrestar la caída directa de la ceniza y material particulado que se genera en un evento eruptivo; acompañamiento de políticas de uso del suelo que eviten la promoción de potreros.

- Adelantar análisis químicos para mejorar la calidad del agua de la fuente de abastecimiento, antes de la bocatoma.
- Desarrollar programas de educación Ambiental tendiente al manejo adecuado de los recursos naturales que permitan la implementación de las medidas de mitigación propuestas en este estudio.

Para complementar estas Medidas de Mitigación se presenta los cuadros 9, 10 y 11 en los cuales se establece Medidas para cada uno de los componentes que hacen parte del servicio de acueducto como son el Administrativo, Operativo y Físico de la cabecera municipal de Nariño, con el fin de contrarrestar los eventos de caída de ceniza o material particulado que puedan originarse en una erupción volcánica. De igual manera se presentan algunas gráficas donde se visualiza la disminución de la vulnerabilidad en cada componente antes y después de implementar las Medidas de Mitigación propuestas.

Los valores se expresan en una escala 0 a 1 y se toma en consideración la categorización que ha empleado INGEOMINAS en estudios relacionados, la cual contempla tres niveles: alto, medio y bajo, estableciendo rangos entre:

1.0 y 0.66 vulnerabilidad alta, considerando desde destrucción total que exigen el reemplazo total o daños severos que demandan un alto costo de reparación. De 0.66 a 0.33 vulnerabilidad media esperando daños moderados que se pueden reparar y valores menores a 0.33 vulnerabilidad baja esperando que la afectación sea mínima.

Cuadro 5. Comparativo antes y después de implementar las Medidas de Mitigación establecidas para el componente Administrativo

<b>COMPONENTE ADMINISTRATIVO</b>	<b>ANTES</b>	<b>DESPUÉS</b>
	<b>Cabecera municipal de Nariño</b>	<b>Cabecera municipal de Nariño</b>
- Gestionar recursos con entes gubernamentales	0.55	0.1
- Realizar y talleres de prevención y mitigación de desastres naturales	0.5	0.25
- Equipo de oficina - Dotación de los equipos necesarios	0.6	0.1

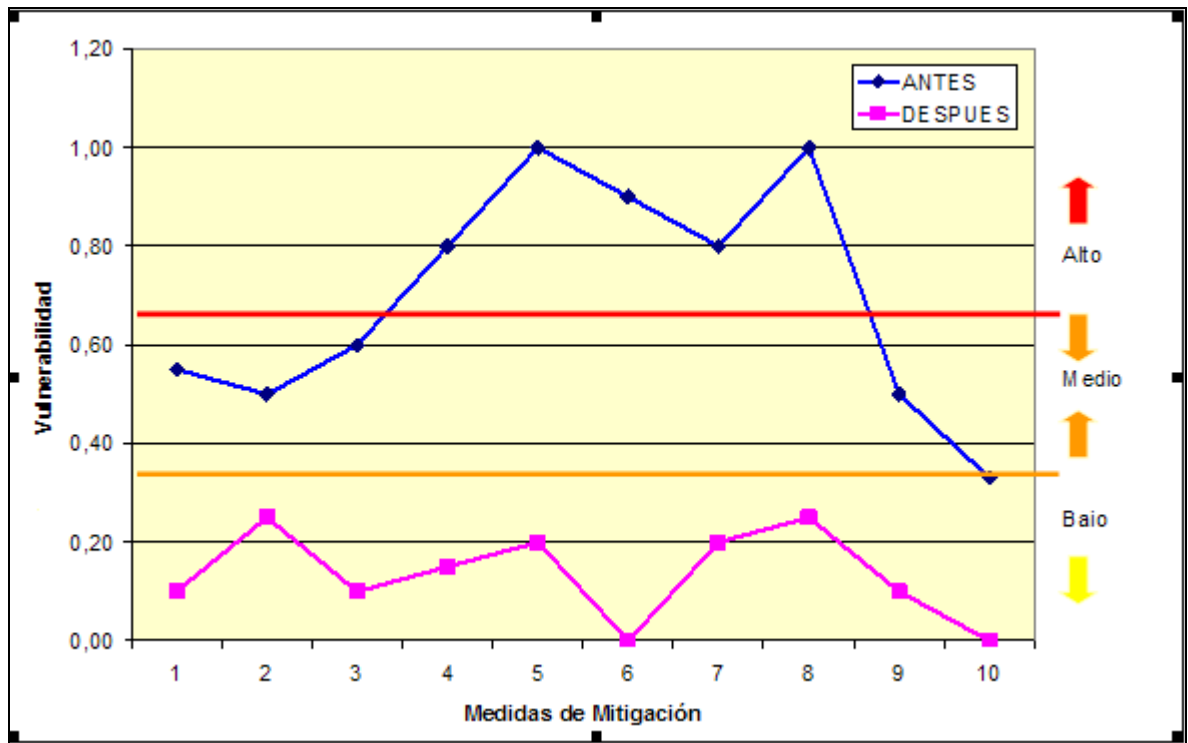
- Realizar recorridos frecuentes por el sistema de acueducto y fuente de abastecimiento	0.8	0.15
- Establecer Plan Contingencia para cada uno de los municipios	1	0,2
- Actualizar planos del sistema de acueducto	0.9	0
- Realizar actividades que permitan solidez en la empresa administradora del acueducto para mantener su vigencia	0.8	0.2
- Poner en Marcha las medidas de prevención y mitigación propuestas en éste estudio	1	0.25
- Contactar entes para financiar actividades de mantenimiento de la empresa	0.5	0.1
- Verificar acometidas domiciliarias	0.33	0

Fuente. Esta Investigación

En el cuadro número 5 se indica las medidas de mitigación establecidas en este estudio, para disminuir la vulnerabilidad que actualmente presenta el sistema de acueducto de la cabecera municipal de Nariño con relación al componente administrativo.

La gráfica 5 indica el comparativo del estado de la vulnerabilidad que presenta el sistema de acueducto de la cabecera municipal de Nariño en el componente administrativo, antes y después de implementar las Medidas de Mitigación.

Gráfica 5. Comparativo antes y después de implementar las Medidas de Mitigación componente administrativo



Fuente esta Investigación

El cuadro 9 nos indica las medidas de mitigación establecidas en este estudio para disminuir la vulnerabilidad que actualmente presenta el sistema de acueducto en el componente Operativo.

Cuadro 6. Comparativo antes y después de implementar las Medidas de Mitigación establecidas para el componente Operativo

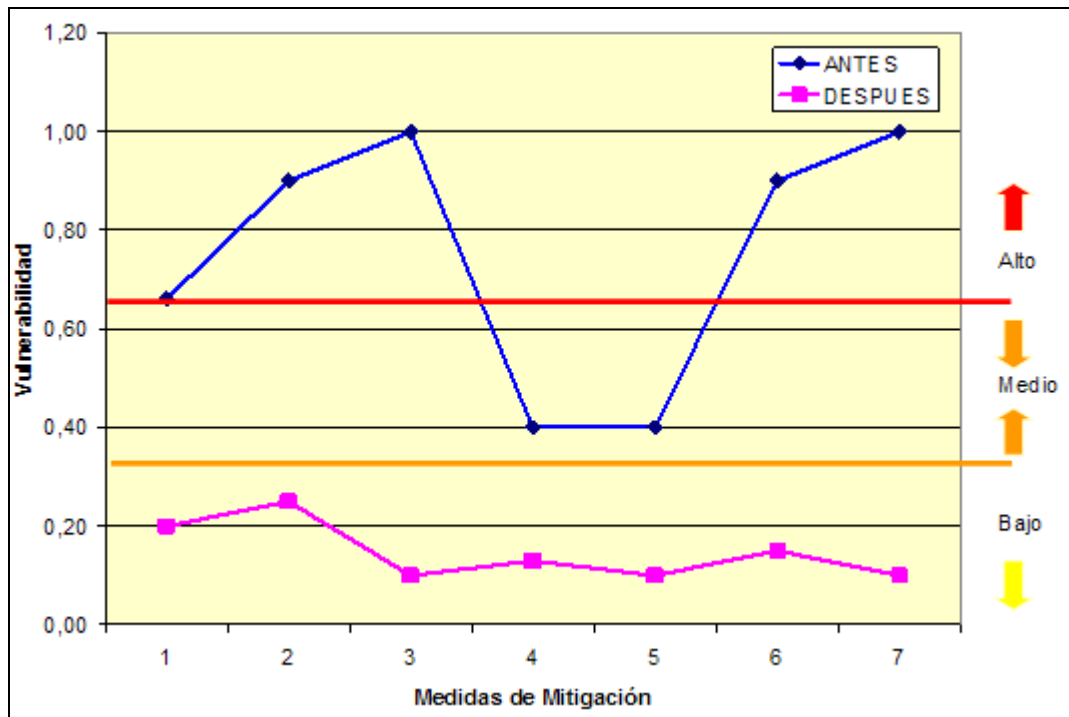
COMPONENTE OPERATIVO	ANTES	DESPUES
	Cabecera municipal de Nariño	Cabecera municipal de Nariño
- Dotar de nuevos equipos de mantenimiento y operación de los sistemas de acueducto y reparar los que actualmente se tiene	0.66	0.2

- Reforestar las cabeceras de las fuentes de abastecimiento, para contrarrestar la caída de ceniza o material particulado que se genera en una erupción volcánica	0.9	0.25
- Construir un tanque de reserva en el municipio de Nariño		
- Iniciar el registro de caudales en cada uno de los sistemas de acueducto para determinar la demanda actual de la población	1	0.1
- Aumentar la frecuencia de operación y mantenimiento del sistema de acueducto	0.4	0.13
- Incrementar la capacitación a los operadores del sistema de acueducto	0.4	0.1
- Financiar recursos para la construcción de una planta de tratamiento en el municipio de Nariño y viabilizar propuesta de un sistema de acueducto conjuntamente con el Municipio más cercano (La Florida)	0.9	0.15
- Realizar cronograma para programar la operación y mantenimiento adecuados del sistema de acueducto	1	0.1

Fuente. Esta Investigación

En la Gráfica 6 se indica el comparativo de la vulnerabilidad que presenta el sistema de acueducto de la cabecera municipal de Nariño en el componente operativo, antes y después de implementar las Medidas de Mitigación establecidas.

Gráfica 6. Comparativo antes y después de implementar las Medidas de Mitigación componente operativo



Fuente esta Investigación

El cuadro 8 nos indica las medidas de mitigación establecidas en este estudio para disminuir la vulnerabilidad que actualmente presenta el sistema de acueducto en el componente Físico.

Cuadro 7. Comparativo antes y después de implementar las Medidas de Mitigación establecidas para el componente Físico

COMPONENTE FISICO	ANTES	DESPUES
	Cabecera municipal de Nariño	Cabecera municipal de Nariño
- Reforestar las cabeceras de las fuentes de abastecimiento, para contrarrestar la caída de ceniza o material particulado que se genera en una erupción volcánica	1	0.25

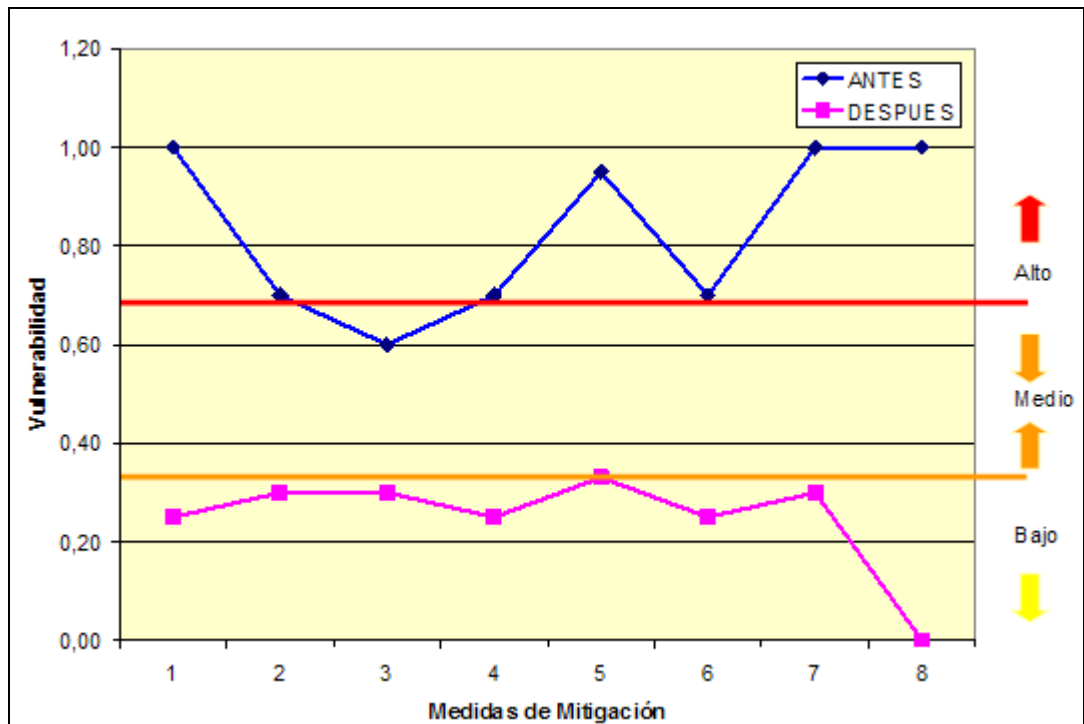


- Reforzar los tanques desarenadores y de almacenamiento y reparar fisuras y agrietamientos	0.7	0.3
- Dotar material de construcción de alta calidad, que permita mayor resistencia	0.6	0.3
- Reemplazar tuberías en tramos que presenten fugas o rupturas	0.7	0.25
- Proponer nuevos diseños para reemplazar los sistemas que tengan su vida útil por terminar - Reforzar los sistemas que presenten mejor estado	0.95	0.33
- Cambiar la tubería de asbesto cemento AC por policloruro de vinilo PVC que presenta mayor flexibilidad	0.7	0.25
- Implementar medidas sismoresistentes para nuevos diseños y reforzar los actuales	1	0.3
- Buscar financiamiento para la construcción de una planta de tratamiento en el Municipio.	1	0

Fuente. Esta Investigación

En la gráfica 7 se indica el antes y después de implantar las Medidas de Mitigación en el componente físico del sistema de acueducto de la cabecera municipal de Nariño.

Gráfica 7. Comparativo antes y después de implementar las Medidas de Mitigación componente físico



Fuente. Esta Investigación

Una vez realizado el comparativo de la situación presentada en la ocurrencia de un evento, antes y después de la implementación de las medidas de mitigación se establecen los actores para cada uno de los componentes desarrollados, teniendo en cuenta que éstos deben efectuar su ejecución mediante una gestión activa tanto de socialización con la comunidad como de adquisición de recursos humanos y financieros.

Cuadro 8. Identificación de Actores que intervienen en la implementación de líneas de acción para la prevención del riesgo por caída de ceniza volcánica en el sistema de acueducto de la cabecera municipal de Nariño

<b>COMPONENTE</b>	<b>ACTORES</b>	<b>Responsabilidad</b>
-------------------	----------------	------------------------

<p>Administrativo</p>	<p>Gerente de la Empresa de Servicios Públicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaborar un Plan de contingencia que contemple medidas tanto técnicas, sociales y ambientales, tendientes a establecer acciones y actividades que permitan atender a tiempo la emergencia, evitando causar daños irreparables en el sistema de acueducto, con el apoyo interinstitucional de CORPONARIÑO, INGEOMINAS, Gobernación e Instituto Departamental de Salud, quienes apoyaran con asesoría, acompañamiento técnico y divulgativo de la información y medidas a implementarse en corto plazo y articulados a los CLOPAD y CREPAD.</li> <li>- Capacitar y socializar al personal las medidas a tomar en caso de emergencia, solicitando y gestionando apoyo con Entidades idóneas en los temas de relacionados con gestión de riesgo tanto en la parte administrativa, operativa y preventiva sobre los impactos generados por una erupción volcánica con caída de ceniza.</li> <li>- Con el apoyo del Comité local para la prevención y atención de desastres CLOPAD y el Comité regional de prevención y atención de desastres CREPAD, programar e implementar simulacros para la atención de la emergencia, teniendo en cuenta que estos dos actores deben articularse tanto con la Empresa de servicios públicos como con la Administración Municipal para atender las emergencias que puedan presentarse en el caso de una erupción volcánica con presencia de ceniza..</li> <li>- Dar respuesta oportuna a la comunidad afectada por la suspensión del servicio.</li> <li>- Dotar de elementos de protección personal, de acuerdo a la exposición del riesgo.</li> <li>- Disponer de equipos, herramientas y elementos necesarios para continuar la prestación del servicio.</li> <li>-<sup>67</sup> Gestionar recursos económicos y humanos cuando se requiera para actuar en la prevención y atención de la emergencia, de acuerdo a la valoración del riesgo.</li> <li>- Establecer estándares de respuesta</li> </ul>
-----------------------	---	---

	Administración Municipal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaborar conjuntamente con la Empresa de Servicios Públicos y otras Entidades de apoyo (CORPONARIÑO, INGEOMINAS) un plan de contingencia</li> <li>Brindar apoyo en la organización de talleres de capacitación al personal las medidas a tomar en caso de emergencia.</li> <li>- Participar activamente en simulacros para la atención de la emergencia, articulados a los CLOPAD y CREPAD.</li> <li>- Apoyar con la dotación de elementos de protección personal, de acuerdo a la exposición del riesgo y equipos, herramientas y elementos necesarios para continuar la prestación del servicio.</li> <li>- Gestionar recursos económicos y humanos cuando se requiera para actuar en la prevención y atención de la emergencia, de acuerdo a la valoración del riesgo.</li> <li>- Establecer alianzas estratégicas con localidades cercanas para viabilizar nuevas fuentes de abastecimiento.</li> <li>- Contribuir al establecimiento de estándares de respuesta ante un riesgo eminente.</li> </ul>
	INGEOMINAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Informar de manera oportuna y periódica los cambios en la actividad volcánica.</li> <li>- Apoyar la elaboración del Plan de contingencia.</li> </ul>
	Medios de comunicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- información oportuna sobre la situación del volcán y las posibles afectaciones que puede tener el sistema de acueducto.</li> </ul>
	Cruz Roja, Bomberos, Defensa Civil.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponer de equipos y personal calificado para la atención de la emergencia.</li> <li>- Participar activamente en los simulacros programados por el Municipio.</li> </ul>

Operativo	Gerente de la Empresa de Servicios Públicos,	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actualizar y capacitar constantemente a los profesionales que operan el sistema de acueducto.</li> <li>- Garantizar el servicio de acueducto mientras se presenta la emergencia.</li> <li>- Realizar monitoreo del comportamiento de la fuente hídrica una vez superada la emergencia.</li> </ul>
	ORGANISMOS DE SEGURIDAD (Policía, Ejército)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Brindar apoyo en los procesos de evacuación y prestación de construcción de campamentos provisionales para atención de la emergencia.</li> <li>- Control del orden público.</li> </ul>
	Instituto Departamental del Nariño	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar monitoreos y análisis de calidad de aguas de la fuente abastecedora antes y después de la ocurrencia de un evento.</li> </ul>
	Medios de comunicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recordar constantemente las medidas que se deben adoptar cuando ocurra el evento.</li> </ul>
Físico	MAVDT, Ministerio de Protección Social	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asignación de recursos para actividades de mitigación. Prevención y atención de la emergencia.</li> </ul>
	Dirección Nacional de Prevención y Atención de Desastres	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aportar recursos para actividades de mitigación, prevención y atención de la emergencia.</li> </ul>
	Gerente de la Empresa de Servicios Públicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponer recursos económicos para la construcción de obras tanto para mitigar y reubicar los sistemas de abastecimiento.</li> <li>- Contar con un sistema de alarma para identificar la ocurrencia de la amenaza y poder dinamizar el plan de contingencia.</li> </ul>
	Administración Municipal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponer de recursos económicos para la construcción de obras tanto de mitigación como de reubicación de los sistemas de abastecimiento.</li> <li>- Contar con un sistema de alarma para identificar la ocurrencia de la amenaza y poder dinamizar el plan de contingencia.</li> <li>- Aportar recursos económicos para la adquisición de predios para conservación de las fuentes de abastecimiento.</li> </ul>

	Gobernación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponer De recursos económicos para la construcción de obras tanto de mitigación como de reubicación de los sistemas de abastecimiento.</li> <li>- Contar con un sistema de alarma para identificar la ocurrencia de la amenaza y poder dinamizar el plan de contingencia.</li> </ul>
	CORPONARIÑO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apoyo en la verificación del cumplimiento de los planes de conservación de las cuencas abastecedoras.</li> <li>- Aportes económicos para los programas de reforestación.</li> </ul>
	Instituciones prestadoras del servicio de Salud - Centro de salud	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponer de personal, equipos y áreas necesarios para la atención de la emergencia.</li> </ul>
	UNIVERSIDADES	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apoyar con trabajos de investigación que permitan fortalecer el sistema de acueducto y plantear nuevas y mejores alternativas de manejo y operación.</li> </ul>

Fuente. Esta Investigación

## 8. CONCLUSIONES

De acuerdo al estudio efectuado y que hace parte del diagnóstico realizado en campo, la vulnerabilidad del sistema de acueducto se incrementa, por el origen de la fuente hídrica ubicada en las faldas del volcán Galeras, la falta de cobertura vegetal protectora a lo largo del recorrido de la fuente hídrica, hasta el sitio de captación, su conducción se hace en canal abierto, además sus componentes presentan una vida útil de más de 54 años y que las infraestructuras están deterioradas y presentan grietas en el mayor porcentaje de su estructura, incrementando la vulnerabilidad del sistema de acueducto.

Teniendo en cuenta los componentes del sistema se ha determinado que la carencia de planes de prevención, mitigación y contingencia ante la ocurrencia eventos que generen desastres y el poco conocimiento sobre el funcionamiento del sistema de acueducto, aunado a los escasos recursos económicos, hace que el sistema sea frágil y no presente seguridad para actuar en caso de una emergencia.

Se debe realizar una articulación con las instituciones asentadas en la región para establecer alianzas estratégicas que permitan impulsar la elaboración de trabajos enfocados a la mitigación del riesgo y se promuevan en los demás municipios que se encuentran expuestos a una amenaza.

Son aspectos importantes para la mitigación del riesgo la cultura y religión de las comunidades asentadas en áreas aledañas a los sectores más críticos y que presentan mayor vulnerabilidad, lo cuales tienen la concepción y creencia que los eventos eruptivos del volcán Galeras no ocasionarán daños ni afectación, de esta manera continúan expuestos y se rehúsan a concebir la verdadera amenaza.

Con la caída de ceniza expulsada por el volcán Galeras se contaminan en primera instancia las fuentes de captación de agua cruda de las quebradas Santo Domingo y Maragato, causando aumento en la turbiedad, color y sedimentos en el sistema de captación lo que generará la disminución de caudales y en otros casos la suspensión del servicio de acueducto, que ocasiona inconvenientes en la continuidad del servicio, además afectando la calidad, siendo esta no apta para consumo humano. Igualmente, la ceniza puede causar problemas de colmatación en las tuberías de captación y conducción debido a la carga contaminante y sedimentación en los tanques desarenadores y de almacenamiento.

Las principales medidas de mitigación se derivan de una buena capacitación y entrenamiento en los componentes administrativo y operativo del sistema, que permiten actuar durante las fases de reducción, respuesta y recuperación ante una amenaza específica, siendo la más efectiva, ante la caída de ceniza volcánica del volcán Galeras al sistema de acueducto, es disminuir la exposición, siempre y



cuando sea posible. En su defecto, debe procederse a intervenir los elementos a fin de mejorar su resistencia para hacerlos menos vulnerables, con el fin de contrarrestar los eventos de caída de ceniza o material particulado que puedan originarse en una erupción volcánica.

## 9. RECOMENDACIONES

Como algunas recomendaciones encaminadas a dar solución a los problemas del acueducto de la cabecera municipal de Nariño se propone:

- Que las entidades encargadas de la prestación del servicio de agua potable, inicien la elaboración de un plan de emergencia, que contemple medidas tanto técnicas, sociales y ambientales, tendientes a establecer acciones y actividades que permitan atender a tiempo la emergencia, evitando causar daños irreparables en el sistema de acueducto
- Programar talleres de capacitación en la parte administrativa y operativa del sistema, en mitigación el riesgo ante una erupción volcánica.
- Las directivas de la Empresa deben estar consientes de la importancia del sistema de mitigación de riesgos y del plan de contingencia para lograr una adecuada solución del problema en el caso de presentarse una erupción volcánica con caída de ceniza. Por tal razón, deben asegurarse que el personal dedicado a las actividades de administración, mantenimiento y operación del sistema de acueducto tengan el conocimiento, la experiencia y la destreza para actuar en el tiempo y espacio requerido. De igual manera, las directivas deben ser concientes de los recursos humanos y financieros que se requieren para el proceso que debe efectuarse en caso de una emergencia.
- El plan de Contingencia debe incluir aspectos como: cual es la planeación organizacional, análisis de impacto sobre los componentes del sistema de acueducto, opciones mas razonables de las estrategia de contingencia y modos de implementación para cada proceso fundamental en el sistema de acueducto, fechas definidas en las que se activen los planes, personas responsables para reanudación del funcionamiento y operación del sistema de acueducto, revisar independientemente de la factibilidad del plan y toda la documentación asociada con la emergencia, en este caso una erupción volcánica con presencia de ceniza.
- El sistema de mitigación de riesgos y el plan de contingencia deben estar aprobados y/o con visto bueno de la Administración Municipal, Gobernación, Ingeominas, Corponariño, Instituto departamental de Salud y articulados con el CLOPAD y CREPAD.
- La empresa debe establecer un programa de sensibilización hacia los usuarios del servicio de acueducto orientado a informar sobre la importancia que tiene el sistema de acueducto en general, de los esfuerzos realizados por la Entidad para garantizar la continuidad en la prestación del servicio antes, durante y después de presentarse una emergencia, de esta manera generar ambiente de confianza con los usuarios.

- Difundir las medidas de mitigación de los efectos ocasionados por caída de ceniza formuladas en el presente estudio y gestionar recursos financieros para la implementación de estas medidas, las cuales presentan un estimativo de los costos demandados.
- En caso de caída de ceniza debe evitarse el gasto de agua acarreado por el lavado de la ceniza como acción de remoción y de asentamiento de partículas que usualmente en estado sólido pueden afectar las vías respiratorias por cuanto puede escasearse el recurso hídrico para el consumo humano.
- Para asegurar la calidad del agua potable en los tanques de almacenamiento, es importante adquirir laboratorios portátiles para el control de los parámetros del agua (PH, turbiedad, color y conductividad del agua entre otros) y contar con técnicos especializados en estas labores.
- Se recomienda activar un canal de comunicación que permita de manera oportuna recibir la información del Observatorio Vulcanológico de Pasto INGEOMINAS respecto al estado de actividad volcánica a fin de activar los planes de contingencia en situación de crisis.
- Establecer un sistema de control y mantenimiento continuo del sistema, de tal manera que se pueda determinar con mayor facilidad y eficiencia daños eventuales que pueden presentarse y garantizar la cantidad, continuidad y calidad del servicio.
- Establecer un registro de caudales y consumos, para determinar así una medida adecuada en caso de presentarse una emergencia.
- Después de haber determinado una fuente alterna para la captación en el municipio, es recomendable iniciar un estudio de la fuente, realizando aforos de caudales y condiciones de calidad del agua, contemplando cotas que cumplan con el abastecimiento total o parcial de la Cabecera municipal.
- Construcción de un tanque de reserva, con el fin de solventar el servicio de agua en el caso de presentarse una caída de ceniza volcánica y que también puede ser una solución para evitar racionamientos de agua en temporada de verano.
- Buscar continuidad en los estudios encaminados a la determinación de la vulnerabilidad, en infraestructuras y en otros sistemas, estudios que seguramente servirán a los entes de Planeación en la formulación de planes de Ordenamiento Territorial y en la implementación de normativas de diseño y construcción ante fenómenos de amenazas volcánicas.

- Se debe implementar tuberías de P.V.C y uniones de reparación, por ser más flexibles y menos frágiles que las tuberías de A.C cuando se presenten accidentes en el sistema, y mantener una reserva de este tipo de tuberías para poder restaurar el servicio en corto tiempo cuando se produzca una emergencia ocasionada por erupciones volcánicas.
- Para la reforestación de la fuente es recomendable emplear especies que se adapten a la zona, en este caso Aliso, Cedro de Altura y Laurel; gestionar con la Corporación Autónoma de Nariño CORPONARIÑO, a través de un convenio la donación de estas especies para el cierre de la franja de protección de la fuente, en el cual la Comunidad, Alcaldía y Empresa disponga de mano de obra necesaria para lo concerniente al trazado, ahoyado, siembra, cerramiento y mantenimiento de los árboles.
- El Plan Departamental de Aguas de Nariño debe incluir como tema prioritario los acueductos que se encuentran expuestos al riesgo por el volcán Galeras, para la formulación y puesta en marcha de los planes de contingencia, prevención y como evitar la suspensión del servicio de agua en situaciones de emergencia, igualmente la inversión para mejorar y/o reemplazar los componentes del sistema de acueducto que se encuentran en mal estado y en proceso de colapso por haber cumplido su vida útil.

## **BIBLIOGRAFIA**

ACCORD, J.E. 1980, State perspective and activities: Montana, Forum on the effects of the Mount St. Helens eruption on water resources, Pacific Northwest River Basins Commissions, Vancouver, June 12, 1980, p. 760.

BLONG, R.J. 1981, Some effects of tephra falls on buildings, in S. Self and R.S.J. Saparks (eds), Tephra Studies, Proceeding NATO Advanced Studies Institute, Laugarvath and Reykjavik, June 18-29, 1980, Reidel, Dordrecht, p. 420.

BLONG, R.J. 1984, Volcanic Hazards, A sourcebook on the effects of eruptions. Academic Press Australia, 1984, p.248.

BAROSS, J.A., Dahm, C.N, ward, A.K., Lilley, M.D. and Sedell, J.R. 1982, Initial microbiological response in lakes to the Mt. St. Helens eruption, Nature, p. 296.

BORTLESON, G.C., Wilson, R.T. and Foxworthy, B.L. 1977, Water-quality effects on Baker Lake of recent volcanic activity at Mt. Baker, Washington. U.S Geological Survey Professional Paper, p. 1022.

CALVACHE, V., M.L. and S. N. Williams, 1992. Lithic-dominated pyroclastic flows at Galeras Volcano, Colombia. Año unrecognized volcanic hazard, Geology, p. 400.

CALVACHE, V., M.L., 1990. Geology and Volcanology of the Recent Evolution of Galeras volcano, Colombia, M S. Thesis, Louisiana State University, Baton Rouge, p. 680.

CARDONA, O.D., 1995. Prevención y atención de desastres. Seminario de Capacitación, Prevención y Atención de desastres, CORPES DE OCCIDENTE, Pereira 1995, p. 620.

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. Módulos del Programa de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales en Situaciones de Emergencia. Lima: CEPIS, OPS/OMS; 1982, p. 380.

CORCHO ROMERO, Freddy Hernán y DUQUE SERNA, José Ignacio. ACUEDUCTOS, TEORIA Y DISEÑO. Primera Edición. Medellín. 1993, p. 1200.

DÍAZ-GRANADOS, O., Mario, 1994. Elementos probabilísticos del riesgo. Curso de educación continuada, evaluación y mitigación de riesgos naturales. Universidad de Los Andes, 14-16 junio de 1994, p. 700.

DION, N.P. and EMBREY, S. S. 1981, Effects of Mount St. Helens eruption on selected lakes in Washington, U.S. Geological Survey Circular, p. 850.

ESPINOSA, A., 1988. Actividad del Volcán Galeras en épocas históricas,

INGEOMINAS-Popayán, Internal Report, p. 600.

GALO PLAZA N. y Hugo YÉPEZ A., Manual para la mitigación de desastres naturales en sistemas rurales de agua potable. Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, p. 715, 2001.

INGEOMINAS, 1977. Mapa de Amenaza Volcánica (Tercera versión), Publicación Especial de INGEOMINAS, p. 38.

MINAKAMI, T., Ishikawa, T. And Yagi, K. 1952. The 1944 eruption of Usu, in Hokkaido, Japan. Smithsonian Institution Annual Report, p. 1952.

MINAKAMI, T. 1974, Prediction of volcanic eruptions, in Civetta, L., Gasparini, P., Luongo, G., Rapolla, A. (eds) Physucal volcanology, Developments in Solid Earth Geophysics, 6, Elsevier, Amsterdam, p. 333.

NIELSON, L. 1980, Water quality and municipal water supply. Forum on the effects of the Mount St. Helens eruption on water resources, Pacific Northwest River Basins Commissions, Vancouver, June 12, p.1980.

O'FLAHERTY, C.A. 1974, Highways, vol.2- Highway engineering, Arnold, London, p.300.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Mitigación de desastres en las instalaciones de la salud; evaluación y reducción de la vulnerabilidad física y estructural. Washington, DC: OPS 1993, p. 600.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado. Washington, D.C.OPS, c1998. (Serie Mitigación de Desastres), p. 678.

PARSONS, W.H. and MULFORD, J.W., 1958, Capelinhos Volcano, Fayal Island, Azores. Cranbook Institute of Sciences News Letter, p. 450.

QUIJANO BOTNIZA, Armando José. Mecanismos e instrumentos para la planificación, seguimiento y evaluación de los proyectos de investigación. CESMAG. 200, p. 260.

REES, J.D. 1970, Parícutin revisited. A review of man`s attempts to adapt to ecological changes resulting from volcanic catastrophe. Geoforum, p. 25.

REVISTA SUIZA DE REASEGUROS. Volcanes y seguro. Mythenquai 50/60. 1992, p. 90.

SARNA - WOJCICKI, A.M., Susan Shipley, R.B. Qaitt, Jr., D. Dzurisin, and S. H. Wood, 1981, Areal distribution, thickness, mass, volume, and grain size of air-fall ash from the six major eruptions of 1980, in The 1980 eruptions of Mount St.

Helens, Washington, edited by P.W. Lipman and D.R. Mullineaux, U.S. Geological Survey Prof. Paper, p. 1250.

SERRACO PEREZ, Gloria. Investigación cualitativa, retos interrogantes y Métodos. Muralla S. A. Madrid, p. 670.

TORRES, C., R.A., 2000. Vulnerabilidad estructural y constructiva de edificaciones de uso de ocupación normal ante amenazas volcánicas en la zona de influencia del volcán Galeras. Tesis inédita en Obras Civiles. Universidad del Valle, Santiago de Cali, p. 90.

UNDRO, 1991. Mitigating Natural Disasters; Phenomena, Effects and Options-A manual for policy makers and planners. Office of the United Nations Disaster Relief Coordination. New York, 1991, p. 450.

WARRICK, R.A., ANDERSON, J., Downing, T., Ressler, J., Warrick, M and Warrick T. 1981, Four communities under ash-after Mount St. Helens, Program on Technology, Environment and Man, Monograph 34, Intitute of Behavioral Sciences, Unersity of Colorado, p. 460.

WILCOX, R.E. 1959, Some effects of recent volcanic ash falls with especial reference to Alaska. U.S. Geological Survey Bulletin, p. 1028.

WILLIAMS, R.S. and MOORE, J.G. 1973, Iceland chills a lava flow, Geotimes, 18 (8), p. 310.

Colombia, Ministerio de Desarrollo Económico. Resolución 1096 del 17 de Noviembre de 2000. Por la Cual se adopta el reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Bogotá D.C., 90 p.

COLOMBIA, Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2008, Guía Técnica de Soporte para Identificar, Reducir y Formular Planes de Contingencia por Riesgos sobre La Calidad del Agua Para Consumo Humano.14 p.

**ANEXO 1  
ENCUESTA  
ANALISIS DE VULNERABILIDAD EN EL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA  
CABECERA MUNICIPAL DE NARIÑO ANTE CAIDA DE CENIZA VOLCANICA**

FECHA:  
NOMBRE Y APELLIDO DEL ENCUESTADO:  
EDAD:  
OCUPACION:  
MUNICIPIO:

OBJETIVO: Determinar cuáles fueron las caídas de ceniza más recientes en el Municipio de Nariño, y que consecuencias se presentaron en el sistema de acueducto.

1. RECUERDA ALGUNA ERUPCION DEL VOLCAN GALERAS, DE SER ASI CUAL O CUALES?

---

---

---

2. DÓNDE ESTABA EN EL MOMENTO DE LA ERUPCION?

---

---

---

3. DE LAS ERUPCIONES DEL VOLCAN GALERAS QUE USTED RECUERDA CUAL HA GENERADO CAIDA DE CENIZA VOLCANICA EN EL MUNICIPIO

---

---

---

4. LA CAIDA DE CENIZA AFECTO EL AGUA QUE USTED CONSUME? EN QUE ASPECTOS

---

---

5. QUE CANTIDAD DE CENIZA CAYO Y POR CUANTO TIEMPO?

---

---

---

6. QUE APARIENCIA TENIA LA CENIZA (COLOR, TAMAÑO, CALIENTE - FRIA)

---



---

7. QUE ESPESOR DE CENIZA RECUERDA? EN UN SITIO EN PARTICULAR  
(CANTIDAD - LUGAR - ESPESOR)

---

8. QUE EFECTOS SE SINTIERON DURANTE LA CAIDA DE CENIZA

---

---

9. APARTE DE CAIDA DE CENIZA, QUE OTROS EVENTOS O SUCESOS  
ASOCIADOS CON LA ACTIVIDAD DEL VOLCAN RECUERDA?

---

---

FECHA: 7 de Noviembre de 2007

NOMBRE Y APELLIDO DEL ENCUESTADO: Aersio Legarda

EDAD: 63 años

OCUPACION: Operador del Acueducto

MUNICIPIO: Nariño

OBJETIVO: determinar cuáles fueron las caídas de ceniza más recientes en el Municipio de Nariño, y que consecuencias se presentaron en el sistema de acueducto.

1. RECUERDA ALGUNA ERUPCION DEL VOLCAN GALERAS, DE SER ASI CUAL O CUALES? Si recuerdo la erupción de 1991.
2. DE LAS ERUPCIONES DEL VOLCAN GALERAS QUE USTED RECUERDA CUAL HA GENERADO CAIDA DE CENIZA VOLCANICA EN EL MUNICIPIO: en la erupción de 1991 si cayo ceniza y afecto los cultivos de la población.
3. LA CAIDA DE CENIZA AFECTO EL AGUA QUE USTED CONSUME? EN QUE ASPECTOS:  
Recuerdo que la Cruz Roja nos decía que no consumamos el agua, del acueducto, porque le había caído ceniza, pero si se la consumió y no afecto la salud de las personas, si afecto los peces, porque al otro día se salió al recorrido por las quebradas y se encontró algunos peces muertos, se dice que fue ocasionada por la caída de ceniza del Volcán Galeras.
4. QUE CANTIDAD DE CENIZA CAYO Y POR CUANTO TIEMPO: no sé exactamente el espesor de la ceniza y se hizo 3 explosiones pequeñas aproximadamente, más o menos cada 20 minutos
5. QUE APARIENCIA TENIA LA CENIZA (COLOR, TAMAÑO, CALIENTE-FRIA: tenía un color rojizo, tamaño diminuto, estaba caliente, quemo el potrero que queda frente a mi casa.
6. QUE ESPESOR DE CENIZA RECUERDA? EN UN SITIO EN PARTICULAR (CANTIDAD – LUGAR - ESPESOR): lo que recuerdo era un espesor de aproximadamente de 10mm, en el techo de mi casa, estaba la ceniza amontonada.
7. QUE EFECTOS SE SINTIERON DURANTE LA CAIDA DE CENIZA: el efecto que se sintió, fue que en el techo parecía que caía granizo.
8. APARTE DE CAIDA DE CENIZA, QUE OTROS EVENTOS O SUCESOS ASOCIADOS CON LA ACTIVIDAD DEL VOLCAN RECUERDA?: aparte de caída de ceniza, las piedras las botaba lejos y estas humeaban.

**ANALISIS DE VULNERABILIDAD EN EL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA  
CABECERA MUNICIPAL DE NARIÑO ANTE CAIDA DE CENIZA VOLCANICA**

FECHA: 7 de Noviembre de 2007

NOMBRE Y APELLIDO DEL ENCUESTADO: Eduardo Delgado

EDAD: 76 años

OCUPACION: Artesano

MUNICIPIO: Nariño

OBJETIVO: determinar cuáles fueron las caídas de ceniza más recientes en el Municipio de Nariño, y que consecuencias se presentaron en el sistema de acueducto.

1. RECUERDA ALGUNA ERUPCION DEL VOLCAN GALERAS, DE SER ASI CUAL O CUALES? Si recuerdo cuando tenía 7 – 8 años la primera en 1936 y la segunda en 1988.

2. DONDE ESTABA EN EL MOMENTO DE LA ERUPCION: Estaba en la casa y nos levantábamos a ver la erupción del volcán, una erupción de ceniza se levanto y relampagueaba, mi Papá decía que eran piedras que relampagueaban en el aire, eso en la primera erupción.

La segunda caída de ceniza en gran cantidad, en el pueblo, casa, calles, potreros, daba mal olor, después se contaminó el agua que bajaba con mucha ceniza.

3. DE LAS ERUPCIONES DEL VOLCAN GALERAS QUE USTED RECUERDA CUAL HA GENERADO CAIDA DE CENIZA VOLCANICA EN EL MUNICIPIO: de las que recuerdo si hubo mucha caída de ceniza parte alta, duró casi 15 días a un mes que tocaba ir a traer agua a los arroyos, porque no se podía tomar el agua del acueducto.

4. LA CAIDA DE CENIZA AFECTO EL AGUA QUE USTED CONSUME? EN QUE ASPECTOS:

La ceniza cayó en la parte alta eso bajaba como lodo espeso, suspendieron el agua, no se podía tomar, daba un olor de la ceniza del volcán es espantoso, aterrador no ve que son gases de la tierra, eso cuando llueve nosotros que estamos cerca, huele como si uno le estuviera echando agua a un fogón, huele mal, en veces, cuando llueve el olor es azufre, en la parte de la Florida, Barranco y en Nariño.

No hubo enfermedades.

Las personas encargadas del acueducto fueron a lavar los tanques, después vino el invierno duro y lavo todo el potrero, hacían dar miedo, pero no paso nada mas después no me acuerdo de otra erupción.

QUE CANTIDAD DE CENIZA CAYO Y POR CUANTO TIEMPO: duro bastante hasta que llego la lluvia, el invierno y se la llevo, en la segunda cayo como arena que estaba en el piso más o menos de 2 centímetros, porque la juntaban con pala.

QUE APARIENCIA TENIA LA CENIZA (COLOR, TAMAÑO, CALIENTE-FRIA:

tenía un color oscuro, como a café molido, tamaño como arena, lluvia arenosa, al tocarla era pesada no estaba caliente estaba fría cuando cayó, tamaño diminuto, estaba caliente, quemó el potrero que queda frente a mi casa.

**QUE ESPESOR DE CENIZA RECUERDA? EN UN SITIO EN PARTICULAR**

(CANTIDAD – LUGAR - ESPESOR): el espesor de 2 centímetros en las calles y techos de las casa.

**QUE EFECTOS SE SINTIERON DURANTE LA CAIDA DE CENIZA:** Se sentía que caía como lluvia dura, en los potreros, techos y en el zinc.

**5. APARTE DE CAIDA DE CENIZA, QUE OTROS EVENTOS O SUCESOS ASOCIADOS CON LA ACTIVIDAD DEL VOLCAN RECUERDA?:**

Aparte de ceniza también ardió candela, lo mire como 2 veces, a las 9 de la noche y la otra a las 4:30 de la mañana, de ahí enseguida siguió lloviendo la arena en esa madrugada, esto en la primera erupción de 1936.

La gente estaba admirada por que en el pueblo los techos de las casas estaban llenos de ceniza, como un color plateado viéndolo de lejos del campo, el pueblo estaba blanco de ceniza y daba mal olor la ceniza, los animales en los potreros la comían y decían que los iba a perjudicar, porque estaba amontonada en el monte, el monte estaba blanco, como bien espesa la ceniza.

## **ANEXO 2**

### **FICHA PARA RECOLECCION DE INFORMACION**

Fecha:	12 de Octubre, 8 y 12 de Noviembre de 2007
--------	--

Nombre del sistema	Sistema de Acueducto Municipal de Nariño
Ubicación del sistema	Parte alta (Laderas) del Volcán Galeras
Fuentes de abastecimiento	Quebradas Maragato y Santo Domingo
Comunidad servida	Cabecera Municipal de Nariño
Vías de acceso	Carretera pavimentada (tramo Pequeño), trocha para llegar a la captación y demás componentes del sistema.
Componentes del sistema	Captación – Bocatoma de Fondo (2) Rejilla Tanque Desarenador (2) Tanque de almacenamiento Caseta de cloración Red de distribución Tuberías en PVC y AC.
Material componentes	Concreto – mampostería en ladrillo - Eternit
Estado físico componentes	El sistema de acueducto se encuentra en mal estado, presentando fisuras en el tanque desarenador, y captación - bocatoma, fugas en la tubería de conducción y deterioro general en su estructura, por el largo tiempo de operación..
Tiempo de funcionamiento	54 años
Observaciones	El mantenimiento del sistema de acueducto en general debe ser continuo, y la limpieza continúa principalmente en la captación y tanques de almacenamiento, ya que se observó disminución del caudal por taponamiento de la rejilla y en la entrada a la cámara de llegada.

**ANEXO 3**  
**IDENTIFICACION DE LA ORGANIZACION INSTITUCIONAL Y DE LA ADMINISTRACION LOCAL**

<b>ORGANIZACIÓN INSTITUCIONAL (Primer Nivel)</b>		
Tipo: Estatal <input checked="" type="checkbox"/> Privado <input type="checkbox"/> Nombre <input type="checkbox"/> Planeación Departamental		
Organismo / Institución superior		
Ministerio de Ambiente, Vivienda, Desarrollo Territorial		
Legislación y normativas vigentes		
Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000.		
Deberes – Atribuciones – Responsabilidades		NIVEL DE EJECUCION
Planificar	Supervisar	Planeación Municipal Instituto Departamental de Salud
Normatizar	Evaluar – Controlar	
Promocionar	Prevención de desastres	
Monitorear	Construir	
<b>ADMINISTRACIÓN LOCAL (Segundo Nivel )</b>		
Tipo: Dependiente <input checked="" type="checkbox"/> Independiente <input type="checkbox"/>		Corporación de de servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo CORSEN LTDA
Nombre <input type="checkbox"/>		
Legislación y normativas vigentes		
Reglamento Interno de La Corporación, Estatutos – Ley 142/94 CRA – Registro ante la Super Intendencia de Servicios Públicos		
Deberes – Atribuciones – Responsabilidades		
Administrar y operar el sistema		
Cumplir y hacer cumplir las leyes y reglamentos		
Buscar asesoría Técnica		
Contratar personal (operador)		
Comprar materiales		
Recaudo de tarifas		
Gestionar fondos exteriores e interiores		
Capitalizar e invertir		
Informar a la comunidad – Catastro de usuarios		
Buscar fuentes alternas de agua		

Fuente de la información: CORSEN LTDA

#### ANEXO 4 IDENTIFICACIÓN DE LA FORMA DE OPERACIÓN

Unidad de operación (Tercer nivel)					
Operador	Contrato	Voluntario	Tiempo completo	Tiempo Parcial	Ocasional
1	X (orden servicios)			X	
Operador	Responsabilidades				
Aersio Legarda	La junta de Usuarios del Acueducto y Alcantarillado Urbano del Municipio de Nariño decidió realizar las actividades de operación y mantenimiento a través de un fontanero quien tiene las siguientes responsabilidades: Recorrido y observación de los componentes del sistema y su funcionamiento Identificación daños y Reparaciones Entrega de facturas Cloración				

¿El operador utiliza un diseño gráfico actual del sistema?  
 NO  SI

¿Por qué? Agiliza más el trabajo y deja constancia del sitio del daño.

¿El operador utiliza un manual reglamentario de operación y Mantenimiento?  
 SI  NO

¿Por qué? Para mayor facilidad y agilidad en el trabajo.

¿El operador mantiene un libro de vida del sistema?  
 SI  NO

¿Por qué? El operador con la experiencia, ya conoce su trayectoria y funcionamiento desde su construcción y se le facilita dar información del sistema.

De esta manera se describe la rutina de operación y mantenimiento actual del sistema.

- Recorrido por los diferentes componentes del sistema., 1 vez cada quince días (verano) y 2 veces (invierno)
- Cloración: 4 litros de cloro que se dosifican en un lapso de 11 horas a partir de las 7:00 AM, los cuales se mezclan en 200lt.
- Limpieza de tanques, 1 vez cada 15 días (verano), 1 vez en semana (invierno).
- Reparación en tuberías (daños eventuales), y constantes monitoreo de daños en el interior de las viviendas (acometidas domiciliarias)



## **ANEXO 5**

<b>CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA</b>	
Fecha:	16 y 19 de Noviembre de 2007.
Nombre del Sistema:	Sistema de Acueducto de la Cabecera Municipal de Nariño
Tipo de Sistema:	Gravedad <input checked="" type="checkbox"/> Bombeo <input type="checkbox"/> Mixto <input type="checkbox"/>
Tiempo de funcionamiento:	54 años
Ubicación del sistema	Noroccidente de la Ciudad de Pasto, a 19 kilómetros de distancia, laderas del volcán Galeras.
Vías de Acceso	19 kilómetros de la Ciudad de Pasto en carretera pavimentada, captación 1.5 metros de los tanques de almacenamiento por trocha en línea recta (fuente quebrada Maragato), captación 550 metros de los tanques de almacenamiento en línea recta (fuente quebrada Santo Domingo).
Comunidad Servida	Cabecera Municipal de Nariño
Servicios Básicos:	Energía eléctrica: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Teléfono: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Transporte: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Alcantarillado: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Letrinización: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>

**ANEXO 6  
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y SUS COMPONENTES**

**(CONOCIMIENTO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA)**

<b>CAPTACIÓN</b>					
<b>TIPO</b>	<b>ELEMENTOS</b>	<b>EQUIPOS</b>	<b>ACCESORIOS</b>	<b>DAÑOS PASADOS</b>	
2 Bocatoma de Fondo.	Concreto reforzado	N.A	Válvulas de compuerta	Taponamiento de la rejilla en época de invierno.	
<b>CONDUCCIÓN</b>					
<b>TUBERÍA</b>	<b>TANQUES</b>	<b>ACCESORIOS</b>	<b>PASO DE QUEBRADA / RIOS</b>	<b>DAÑOS PASADOS</b>	
-AC de 6", L = 1271m -AC 4" L = 641M(FM) PVC presión 3" L = 571m PVC 4" L = 582m Profundidad = 1m	Tanque desarenador - 13 m3 - 23m3	5 Ventosas 2 Purgas  2 Ventosas	No	Ruptura de tubería por paso de animales.	
<b>ALMACENAMIENTO – TRATAMIENTO</b>					
<b>ELEMENTOS</b>	<b>EQUIPOS</b>	<b>ACCESORIOS</b>	<b>DAÑOS PASADOS</b>		
-1 tanque almacenamiento principal 140 M3, un tanque auxiliar de 80m3. - Caseta de cloración (3.33X2.35)	1 Dosificador	- Válvulas de Compuerta - universales - codos y uniones en PVC	Fisuras en los bordes del tanque, por mala calidad del material de construcción.		
<b>RED DE DISTRIBUCIÓN</b>					
<b>TUBERIA</b>	<b>TANQUES</b>	<b>ACCESORIOS</b>	<b>PASOS DE QUEBRADA / RIOS</b>	<b>CONEXIÓN DOMICILIARIA</b>	<b>DAÑOS PASADOS</b>
AC 4" L = 400m AC PVC 1/2" y 1", 3/4"		Válvulas, uniones, codos, reducciones,		649 acometidas domiciliarias	Rompimiento o tubería por tráfico vehicular.

**ANEXO 7  
VULNERABILIDAD ADMINISTRATIVA**

**(Debilidades Organizativas y Administrativas)**

<b>ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carece de Capacitación y asesoramiento</li> <li>- No cuenta con un Plan de contingencia en prevención y mitigación de desastres.</li> <li>- No dispone de fondos económicos suficientes para eventuales emergencias en la Empresa.</li> </ul>			
<b>RECURSOS MATERIALES DISPONIBLES</b>			
<b>CANTIDAD</b>	<b>MATERIALES CARACTERISTICAS:</b>		
20 tubos	Tubería A.C 3", 4"	- 1 Oficina donde funciona la Empresa	
10 tubos		- Papelería para recibos y facturas	
7 tubos	Tubería PVC 4", 3"	- Equipo de oficina (computador)	
Crucetas			
<b>RECURSOS FINANCIEROS ACTUALES</b>			
<b>TARIFA MENSUAL</b>	<b>INGRESO NETO</b>	<b>EGRESO NETO</b>	<b>CUENTAS POR COBRAR</b>
1.000	170.100	4,762.800	500.000
<b>CAPACITACION DEL PERSONAL</b>			
<b>PERSONAL</b>	<b>CURSO DE CAPACITACIÓN</b>	<b>ULTIMO ENTRENAMIENTO</b>	
Presidente Corporación fontaneros	Fortalecimiento, manejo, administración y operación de sistemas de agua potable en la zona urbana de Nariño. (Fonlider e Instituto departamental de Salud) Cursos de Cooperativismo	Junio de 2003	
<b>TIEMPO DE SERVICIO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>		
Cooperativa inició 1 de enero de 2003. A partir del 2005 la Corporación CORSEN LTDA	<p>No hay horario definidos para control y operación del sistema de acueducto.</p> <p>Poca capacitación con respecto al manejo, mantenimiento y operación del sistema de acueducto.</p> <p>No existe un Plan de Contingencia para emergencias, que permita actuar en caso de presentarse un evento eruptivo del volcán Galeras</p> <p>No existen medidas de mitigación de riesgo en caso de presentarse una emergencia, originada por el volcán Galeras..</p>		

**ANEXO 8  
VULNERABILIDAD OPERATIVA**

**DEBILIDADES EN LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS  
CANTIDAD, CONTINUIDAD Y CALIDAD DEL AGUA**

<b>RECURSOS MATERIALES DISPONIBLES</b>			
<b>No USUARIOS</b>	<b>COMPONENTE</b>	<b>CAPACIDAD COMPONENTE</b>	<b>REQUERIMIENTO ACTUAL</b>
649	Captación Almacenamiento	220m3	200m3
<b>DEFICIT(-) SUPERAVIT(+)</b>	<b>CONTINUIDAD (PERIODOS)</b>	<b>CALIDAD DEL AGUA</b>	
(-) en verano	En época de verano se presenta razonamiento por caudal de las fuentes abastecedoras Quebrada Maravato y Santo Domingo..	Calidad del agua no es muy buena a pesar que se utiliza la desinfección con cloro.	
<b>RUTINAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ACTUAL.</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desinfección del agua con cloro</li> <li>- No cuentan con un registro de caudales de almacenamiento, ni distribución del recurso hídrico a la comunidad de la cabecera Municipal de Nariño.</li> </ul>			
<b>CAPACITACION DEL PERSONAL</b>			
<b>PERSONAL</b>	<b>CURSO DE CAPACITACIÓN</b>	<b>ULTIMO ENTRENAMIENTO</b>	
Presidente Corporación, fontaneros	Fortalecimiento, manejo, administración y operación de sistemas de agua potable en la zona urbana de Nariño. (Fonlider e Instituto departamental de Salud) Cursos de Cooperativismo	Junio de 2003	
<b>TIEMPO DE SERVICIO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>		
2 años	- La Corporación CORSEN LTDA, creada en el año 2005, presenta algunos problemas de organización interna.		

**ANEXO 9**

<b>VULNERABILIDAD FISICA (DEBILIDADES DE LOS COMPONENTES FISICOS)</b>					
<b>AMENAZA: Caída de Ceniza Volcánica</b>					
<b>COMPONENTE</b> Elemento/Equipo Expuesto	<b>ESTADO</b> <b>ACTUAL</b> (condición desfavorable)	<b>DAÑOS</b> <b>ESTIMADOS</b>	<b>Factor de</b> <b>Daño</b> <b>%</b>	<b>Valor actual</b> <b>del</b> <b>Componente</b>	<b>Costo de</b> <b>los</b> <b>Daños</b>
<b>CAPTACION</b>					
Fuente de abastecimiento (quebradas Maragato y Santo Domingo) Bocatoma	Fisura en las paredes tanque desarenador Taponamiento rejilla(falta mantenimiento)	Contaminación por excrementos de animales.	100  100	  180.000.000	  150.000.000
<b>CONDUCCIÓN</b>					
Tubería no esta bien enterrada Desarenadores	Presentan Fisuras en las paredes por mala calidad del material.	Rompimiento frecuente de tuberías.	70	50.000.000	30.000.000
<b>ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO</b>					
Tanques almacenamiento	Con agrietamientos, mala calidad del material	Filtraciones de agua	80	40.000.000	30.000.000
<b>DISTRIBUCIÓN</b>					
Tubería A.C 4" L = 400m T. A.C 3" cubre toda la población	Presenta algunas fugas.	Rompimiento por transito vehicular	70	45.000.000	30.000.000

**ANEXO 10**  
**MEDIDAS DE MITIGACION: VULNERABILIDAD FISICA**

<b>AMENAZA: Caída de Ceniza Volcánica</b>				
<b>PRIORIDAD: 1</b>				
<b>COMPONENTE</b> Elemento/Equipo	<b>PRIORIDAD DE ATENCION</b>	<b>MEDIDAS DE MITIGACION</b>	<b>COSTOS (\$)</b>	<b>CAPACIDAD DE RESPUESTA</b>
<b>CAPTACIÓN</b>				
Bocatoma	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buscar e implementar otra fuente de abastecimiento.</li> <li>- Formular e implementar planes de reforestación de la quebrada Maragato, como medida de protección ante la caída de ceniza directa a la fuente.</li> <li>- Sustitución, reparación y adquisición de elementos y equipos adecuados para un buen funcionamiento del sistema de captación.</li> </ul>	<p>30.000.000</p> <p>20.000.000</p> <p>20.000.000</p>	La empresa encargada del servicio de acueducto debe contar, proyectar y gestionar recursos para financiar las actividades y acciones contempladas para la mitigación del riesgo ante la caída de ceniza sobre todo en la fuente hídrica.
<b>CONDUCCION</b>				
Tanque desarenador, tuberías en PVC y AC, válvulas.	1	Determinar presupuesto para adquirir materiales y tuberías para reparación.	10.000.000	La empresa debe contar con un presupuesto extra para emergencias.
<b>ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO</b>				
Tanques y planta de tratamiento.	2	Capitalizar fondos para la adquisición de materiales.	5.000.000	Se debe contar con dinero para reparar daños en caso de una emergencia.
<b>RED DE DISTRIBUCIÓN</b>				

Tubería en PVA y AC, uniones.	2	Colocar llaves de paso, que permitan la reparación oportuna de la tubería.	2.000.000	Es importante contar con un rubro para emergencias.
<b>87.000.000</b>			<b>SUB TOTAL: \$</b>	

## ANEXO 11

### MEDIDAS DE MITIGACION: VULNERABILIDAD OPERATIVA



AREAS	PRIORIDAD DE ATENCION	MEDIDAS DE MITIGACION	COSTOS (\$)	CAPACIDAD DE REPUESTA
Operación y Mantenimiento	1.0	Capacitación oportuna y adecuada de los operadores, sobre peligros naturales.	1.000.000	La empresa o entidad en cargada de la prestación del servicio de acueducto contratará al operador del sistema por un tiempo determinado.
	2.0	Compra de herramientas adecuadas para operación y mantenimiento del sistema de acueducto.	2.000.000	
Cantidad Continuidad y calidad	1.0	Construcción tanque de reserva y adaptación de llaves de paso, que permitan la suspensión temporal del suministro de agua, en caso de presentarse una emergencia.	20.000.000	La empresa encargada del sistema de acueducto, debe gestionar los materiales para la construcción del tanque y la compra y adaptación de las llaves.
<b>SUB TOTAL: \$ 23.000.000</b>				

## ANEXO 12

MEDIDAS DE MITIGACION: VULNERABILIDAD ADMINISTRATIVA

<b>AREAS</b>	<b>PRIORIDAD DE ATENCION</b>	<b>MEDIDAS DE MITIGACION</b>	<b>COSTOS (\$)</b>	<b>CAPACIDAD DE REPUESTA</b>
--------------	------------------------------	------------------------------	--------------------	------------------------------

Administrativa	1.0	Manejo, conocimiento y cumplimiento de Leyes, normas y reglamentos establecidos para el funcionamiento adecuado de la Empresa prestadora del servicio de acueducto.	200.000	Dar cumplimiento inmediato de la normatividad vigente y puesta en marcha de los reglamentos de la Junta Administradora y Cooperativa para la prestación del servicio de agua.
	2.0	Se debe garantizar capacitación sobre manejo de planes de prevención y mitigación de desastres naturales, al personal encargado de la administración de la empresa prestadora del servicio.	2.000.000	La empresa prestadora de servicio de tener presupuesto para esta capacitación.
	2.0	Es importante la adquisición de fondos para la implementación de medidas de prevención y mitigación de desastres.	20.000.000	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se puede optar por aumentar la tarifa del servicio, siempre y cuando se garantice un servicio de calidad.</li> <li>- Es importante tener un control frecuente del consumo real de los usuarios del servicio, para evitar desperdicios de agua y aumentar pérdidas en la empresa.</li> </ul>

**SUB TOTAL: \$ 22.200.000**

Prioridad 1. Requiere que su implementación se realice en corto plazo (1 a 3 años)  
Prioridad 2. Requiere de su implementación en mediano plazo (3 a 6 años)