

# **ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE POSTGRADO EN INGENIERÍA Y CIENCIAS**

**POSTGRADO DE RECURSOS HIDRICOS**

**DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA PARA EL ANALISIS DE  
VULNERABILIDAD ANTE UNA EVENTUAL ERUPCIÓN DEL  
VOLCÁN COTOPAXI**

**PLAN DE TITULACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE  
MAGISTER EN MANEJO Y GESTIÓN DEL AGUA**

**ING. DELFA MELANIA NARANJO**

**DIRECTOR: MSc. ING. CÉSAR NARVÁEZ**

**Quito, Agosto 2007**

## **DECLARACIÓN**

Yo, Delfa Melania Naranjo, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Delfa Melania Naranjo**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Delfa Melania Naranjo, bajo mi supervisión.

---

**Ing. César Narváez**

## **AGRADECIMIENTO**

A cada una de las personas que hicieron posible la realización de este trabajo....

Mil gracias por su apoyo y por saber estar.....

## **DEDICATORIA**

A los sueños que están....

Y a los que de seguro vendrán...

## CONTENIDO

RESUMEN .....	1
PRESENTACIÓN .....	2
CAPÍTULO 1 .....	3
INTRODUCCIÓN .....	3
CAPÍTULO 2 .....	5
OBJETIVOS .....	5
2.1    OBJETIVO GENERAL.....	6
2.2    OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
CAPÍTULO 3 .....	7
MARCO TEORICO.....	7
3.1    DESASTRE.....	7
3.1.1    CLASIFICACIÓN DE LOS DESASTRES.....	7
3.1.1.1    Desastres naturales o socio-naturales.....	7
3.1.1.2    Desastres antrópicos y sociales.....	7
3.2    PREVENCIÓN .....	8
3.2.1    DESARROLLO SOSTENIBLE .....	8
3.3    POLÍTICAS PÚBLICAS PARA LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD FRENTE A LOS DESASTRES NATURALES .....	10
3.4    AMENAZA.....	10
3.5    VULNERABILIDAD .....	10
3.6    FASES DE LOS DESASTRES .....	12
3.7    ENCADENAMIENTO DE RIESGOS Y DESASTRES .....	12
3.8    CONSECUENCIAS DE LOS DESASTRES .....	13
3.9    PREVENCIÓN DE DESASTRES.....	12
3.9.1PREVENCIÓN DE DESASTRES POR CONTROL DE LA AMENAZA..	13
3.9.2PREVENCIÓN DE DESASTRES POR REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD .....	14
CAPÍTULO 4 .....	16
METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD.....	16
4.1    ETAPAS DE LA METODOLOGÍA.....	16
4.1.1    DETERMINACIÓN DE PROCESO GENERADOR DE DAÑO .....	17

4.1.2	IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS .....	19
4.1.3	DETERMINACIÓN DE LOS MODOS Y NIVELES DE AFECTACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS. ....	19
CAPÍTULO 5 .....		20
DETERMINACIÓN DE AMENAZAS.....		21
5.1	LAHARES VOLCÁNICOS .....	21
5.2	FLUJOS SECUNDARIOS .....	23
5.3	CENIZA VOLCÁNICA .....	23
CAPÍTULO 6 .....		26
ZONA DE ESTUDIO.....		26
6.1	INFRAESTRUCTURA EXISTENTE .....	27
6.1.1	Bocatoma en el Río Pita – Sistema Pita Tambo.....	27
6.1.2	Campamento EMAAP-Q Sector Bocatoma del Río Pita .....	28
6.1.3	Sifón Río Salto - Sistema de Abastecimiento Pita – Tambo.....	30
6.1.4	Paso Subfluvial Río Santa Clara – Sistema La Mica – Quito Sur.....	32
6.1.5	Cruce Subfluvial en el Río Pita-Sistema La Mica – Quito Sur .....	34
6.1.6	Cruce subfluvial en el río San Pedro-Sistema Papallacta .....	36
6.2	OBRAS ADICIONALES .....	39
<u>6.2.1</u>	Cruce en el río Sambache – Proyecto Mica – Quito Sur.....	39
<u>6.2.2</u>	Cruce en el río San Pedro – Proyecto Mica Quito Sur .....	41
<u>6.2.3</u>	Canal abierto de conducción - Proyecto Pita Tambo.....	43
<u>6.2.4</u>	Campamento La Moca – Proyecto Mica Quito Sur.....	44
<u>6.2.5</u>	Central Hidroeléctrica El Carmen – Proyecto Mica Quito Sur .....	46
<u>6.2.6</u>	Planta de Tratamiento “El Troje” – Proyecto Mica Quito Sur.....	47
<u>6.2.7</u>	Planta de Tratamiento de Puengasí – Proyecto Pita Tambo.....	49
CAPITULO 7 .....		78
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS - VULNERABILIDAD FÍSICA DE LAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DE LA EMAAP-Q .....		78
<u>7.1</u>	DAÑOS E IMPACTOS ESPERADOS EN LOS COMPONENTES CRÍTICOS 78	
7.1.1	Bocatoma río Pita - Sistema Pita- Tambo .....	79
7.1.2	Cruce río Salto - Sistema Pita-Tambo .....	80
7.1.3	Cruce del Río Pita - Sistema Mica – Quito Sur .....	80

7.1.4	Cruce Río Santa Clara Sistema La Mica – Quito Sur .....	81
7.1.5	Cruce del Río San Pedro – Sistema Papallacta.....	81
7.1.6	Estructura adicional en la zona de drenaje norte del Cotopaxi .....	82
7.2	DAÑOS E IMPACTOS ESPERADOS EN LA ESTRUCTURA	
	ADICIONAL .....	87
7.2.1	Telefonía.....	89
7.2.2	Red Vial .....	91
	CAPÍTULO 8 .....	96
	REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD FRENTE A DESASTRES NATURALES	
	Y SOCIO-NATURALES.....	96
8.1	LA PREVENCIÓN DE DESASTRES COMO ASUNTO DE SEGURIDAD	
	HUMANA .....	101
<a href="#">8.2</a>	INSTRUMENTOS PARA LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD ...	102
	CAPÍTULO 9 .....	104
	PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL .....	104
	CAPÍTULO 10 .....	106
	ZONIFICACIÓN DE RIESGOS .....	106
10.1	ZONAS DE ALTO RIESGO NO MITIGABLE .....	106
10.2	ZONAS DE RIESGO MEDIANO.....	106
10.3	ZONAS DE DESARROLLO URBANÍSTICO FUTURO.....	107
10.4	PROGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO	
	TERRITORIAL	108
10.5	ELABORACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL.....	108
10.6	ASEGURAMIENTO .....	111
10.7	SOSTENIBILIDAD EN EL SECTOR DE AGUA Y SANEAMIENTO.....	112
	CAPÍTULO 11 .....	117
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	117
11.1	Conclusiones.....	117
11.2	RECOMENDACIONES .....	121
	CAPÍTULO 12 .....	124
	BIBLIOGRAFÍA .....	124
	ANEXOS.....	126



<b>FIGURA</b>	<b>LISTA DE FIGURAS CONTENIDO</b>	<b>PÁG</b>
Figura No. 2.1	Volcanes Activos del Ecuador, octubre 1999.	
Figura No. 6.1	Drenaje norte con el tránsito de lahares primarios y cruces con los sistemas de la EMAAP-Quito.	
Figura No. 6.2	Esquema Sistema Mica - Quito Sur.	
Figura No.6.3	Instalaciones - Modulo 1 de la Planta de Tratamiento el Troje	

TABLA	LISTA DE TABLAS CONTENIDO	PÁG
Tabla No. 3.1	Tipología de desastres según su origen (tipo de amenaza)	
Tabla No. 4.1	Niveles de Intensidad	
Tabla No. 4.2	Matriz de interacción fenómeno - elementos para evaluación de niveles de daños estructurales	
Tabla No. 6. 1	Tramos Del Sifón Del Sistema Pita – Tambo En El Río Salto	
Tabla No. 6.2	Tramos Del Cruce Subfluvial Del Sistema La Mica - Quito Sur Bajo El Río Santa Clara	
Tabla No. 6.3	Datos De La Válvula De Desagüe	
Tabla No. 6.4	Tramos Del Cruce Subfluvial Del Sistema La Mica - Quito Sur Bajo El Río Pita	
Tabla No. 6.5	Datos de la válvula de desagüe	
Tabla No. 6.6	Características De La Tubería En El Cruce Bajo El Río San Pedro	
Tabla No. 6.7	Tramos Del Cruce Subfluvial Del Sistema Papallacta Bajo El Río San Pedro	
Tabla No. 6.8	Datos de la válvula de desagüe	
Tabla No. 6.9	Datos de la válvula de desagüe	
Tabla No. 6.10	Datos de la válvula de desagüe	
Tabla No. 6.11	Datos de la válvula de desagüe	
Tabla 6.12	Características de los cruces.	
Tabla No.7.1	Infraestructura Adicional y daños considerados.	
Tabla No. 7.2	Matriz Componentes – Grados de Vulnerabilidad Asignados	
Tabla No. 7.3	Evaluación de Recuperación en caso de Afectación de un componente de la infraestructura	

Tabla No. 7.4	Evaluación de Recuperación en caso de Afectación de un componente de la infraestructura
Tabla No. 7.5.	Impacto sobre el Servicio Telefónico en los sitios de interés
Tabla No. 7.6	Impacto sobre las Vías en la Zona de Peligro.
Tabla No. 7.7	Clasificación de las vías
Tabla No. 7.8	Grado de exposición de las vías
Tabla No. 7.9	Evaluación de Recuperación en caso de Afección de un componente de la infraestructura

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

<b>FOTOGRAFÍA</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁG</b>
Fotografía No. 5.1	Evidencia de Flujo Laharítico – Volcán Cotopaxi - Cortesía Mothes, P., 2003	19
Fotografía No. 5.2	Vista de la trayectoria de lahares dispuesta en los flancos del Cotopaxi. Cortesía Mothes, P., 2003	20
Fotografía No. 5.3	En la vía Baños-Riobamba, las casas quedaron totalmente cubiertas de ceniza, EL COMERCIO, 24 / Julio / 2006.	22
Fotografía No. 5.4	Efectos Caídas de Ceniza del Volcán Tungurahua, EL COMERCIO, 14 / Agosto/ 2001.	
Fotografía No. 6.1	VISTA GENERAL DE LA BOCATOMA EN EL RÍO PITA (SISTEMA PITA – TAMBO)	
Fotografía No. 6.2	Vista general del Campamento EMAAP-Q (Proyecto Pita-Tambo)	
Fotografía No. 6.3	Evidencia del paso de lahares – Campamento EMAAP-Q (Proyecto Pita-Tambo)	
Fotografía No. 6.4	Cámara de válvulas - margen derecha	
Fotografía No. 6.5	Margen izquierda del Paso subfluvial	
Fotografía No. 6.6	Cámara de válvulas - margen lateral izquierda (río Santa Clara)	
Fotografía No. 6.7	Cámara de desagüe	
Fotografía No. 6.8	Margen izquierda del Paso subfluvial	
Fotografía No. 6.9	Características morfológicas del tramo analizado – Río San Pedro	
Fotografía No. 6.10	Vista general del cruce en el río Sambache (Sistema La Mica).	
Fotografía No. 6.11	Características Físicas del Cruce en el Río San Pedro. (Sistema La Mica)	
Fotografía No. 6.12	Vista General del Canal del Pita.	

Fotografía No. 6.13	Vista general Campamento La Moca (sistema La Mica)
Fotografía No. 6.14	Vista de la Central Hidroeléctrica El Carmen. (Sistema La Mica)
Fotografía No. 6.15	Planta de tratamiento “El Troje (sistema La Mica)
Fotografía No. 6.16	Planta de Tratamiento de Puengasí
Fotografía No. 7.1	Vista general de la Central Hidroeléctrica “Los Chillos”.



**LISTA DE SIGLAS**

BID	BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
IG	INSTITUTO GEOFISICO DE LA ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
IRD	INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DEVELOPPENMENT

## RESUMEN

América Latina y el Caribe, en efecto son de las regiones del mundo más afectada por los desastres naturales. Hasta hace poco tiempo, en el análisis de los desastres naturales se ponía mucho más énfasis en los agentes causantes (fenómenos físicos como procesos geodinámicos o hidrometeorológicos) y poco en las circunstancias de las poblaciones expuestas. En los últimos años la preocupación se ha ido desplazando hacia las comunidades que sufren los daños.

Bajo esta nueva perspectiva, la vulnerabilidad aparece como principal determinante de los daños causados por desastres y las acciones necesarias para su reducción, se enmarcan en el contexto general de las estrategias de desarrollo sostenible y que deben ser compartidas por toda la sociedad.

El contenido del presente trabajo revisa los conceptos básicos relacionados con la prevención de desastres, especialmente los de amenaza y vulnerabilidad; planteando un esquema general de análisis del riesgo de desastre en función de su tipología y componentes. En la etapa posterior se presenta el desarrollo de la metodología del análisis de vulnerabilidad para la zona de drenaje norte del Volcán Cotopaxi. Obteniéndose con ello, elementos de juicio y las directrices básicas para la prevención de desastres que a la vez contribuyan al desarrollo sostenible de dicha zona y del país como tal.

Se analizan además, los diferentes instrumentos de política en función de factores de vulnerabilidad, los que principalmente son: ordenamiento territorial (cuyo objeto es preventivo), instrumentos financieros, planes de mitigación, contingencia y restauración y/o reconstrucción de servicios – el marco institucional en el que se debe apoyar la formulación e implementación de políticas para la prevención de desastres, incluyendo en ello una adecuada planificación.

Es por tanto, un documento que puede, en adelante, ajustarse según la disponibilidad de recursos y capacidades tanto de la comunidad como de los gobiernos ya sea a nivel local, seccional y/o regional.



## PRESENTACIÓN

Este documento pretende explicar la metodología para el análisis de la vulnerabilidad ante una posible erupción volcánica, en este caso del Cotopaxi, es así que se realiza una introducción al tema de los desastres naturales y sus efectos tanto a nivel mundial, como a nivel nacional.

A partir de los análisis de los efectos es necesario plantearse los objetivos considerando que el Ecuador tiene ocho volcanes activos entre los cuales se ha elegido al Cotopaxi para el presente análisis.

En toda investigación es importante contar con un marco teórico es por eso que el capítulo 3 hace referencia a los principales conceptos que involucra el análisis de vulnerabilidad y así poder disponer de un marco conceptual entendible para cualquier lector. Al disponer de un marco conceptual es recomendable añadir el marco metodológico el cual señala una serie de métodos y/o procedimientos para el correspondiente análisis.

Posteriormente se detalla la zona de estudio la misma que corresponde a la zona del flanco norte del volcán Cotopaxi, en el cual se encuentran los sistemas de agua potable que serían afectados ante una posible erupción volcánica. Acompañado a este análisis se plantea en el capítulo 9 el plan de ordenamiento territorial el mismo que permite establecer las principales acciones que deben llevarse a cabo ante una posible erupción volcánica.

Finalmente, se establece las conclusiones y recomendaciones que describen las condiciones y acciones que dan como producto de esta investigación y que de seguro se constituirán en una herramienta útil y eficaz para la prevención, planificación y toma de decisiones correspondientes en cada instancia.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

Dada la destrucción, muerte y daños que los desastres naturales han generado en el mundo, es necesario prevenir sus causas sin conformarse con aceptar sus consecuencias. Por ello se presentan los siguientes datos, en la década de los 90 ocurrieron en el mundo tres veces más desastres naturales que en toda la década de los 60 y el costo de los daños causados se multiplicó por nueve, llegando a casi 500 mil millones de dólares (Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad, Publicación de las Naciones Unidas, 2002). En 1998, los daños ocasionados por los desastres de origen climático excedieron el costo total de todos los desastres ocurridos durante los años 80.

América Latina fue una de las regiones más afectadas por los desastres, tanto por el número de pérdida de vidas como en daños materiales. Se puede recordar que el paso de los huracanes Georges y Mitch por el Caribe y Centroamérica, costó la vida de más de 13 mil personas, siendo Mitch el huracán más devastador de los últimos 200 años.

Con respecto a nuestro país se puede señalar, que el fenómeno de El Niño de 1997-98 significó la destrucción de más del 14% del Producto Interno Bruto y del 3,3% del PIB conjunto de los cinco países andinos; el terremoto de enero de 1999 destruyó una de las ciudades más prósperas de Colombia y causó estragos severos en más de veinte municipios aledaños; los terremotos del 13 de enero y el 13 de febrero del 2001 en El Salvador dejaron más de un millar de muertes, 8 mil heridos, 1,5 millones de damnificados, pérdidas por US \$ 1650 millones y 145 mil nuevos pobres; y varios incendios forestales arrasaron miles de kilómetros de bosques en Brasil.

De lo mencionado, en la evaluación de desastres en el ámbito Latinoamericano, se estima que en el período 1988-1998, ocurrieron en América Latina cerca de 10 desastres “pequeños” (0-10 muertos) por día, un desastre “mediano” (11-100

muertos) cada 9 días y un desastre “grande” (más de 100 muertos) cada 160 días. Los desastres “pequeños” y “medianos” representan muchas más muertes y pérdidas que los “grandes”.

Las amenazas naturales no afectan a todos por igual. Sus consecuencias desastrosas están directamente relacionadas con la vulnerabilidad de las comunidades y de los territorios. Por eso, el 90% de las víctimas de los desastres vive en zonas de poco desarrollo, en condiciones de pobreza, es decir en áreas de alto riesgo, propensas a ser afectadas por terremotos, maremotos, inundaciones, deslaves o erupciones volcánicas.

El crecimiento de la población y de la desigualdad social, han aumentado la intensidad de algunas amenazas naturales y han incrementado sensiblemente la vulnerabilidad de la sociedad y el ambiente. Por ello, la prevención de desastres se ha convertido en uno de los principales asuntos del desarrollo.

El considerar que la adopción de estrategias eficaces de prevención permitiría ahorrar miles de millones de dólares y, sobre todo, salvar miles de vidas. Costos que deberán pagarse en el presente procurando que los beneficios lleguen a mediano y largo plazo; ya que no hay soluciones simples y generales sino necesidad de tratamientos integrales acordes con los riesgos de cada territorio y comunidad.

El éxito de la implantación de estas medidas requiere de la participación activa de la comunidad y de la movilización de muchos entes públicos y privados, cuya toma de decisiones sea la más adecuada.

## CAPÍTULO 2

### OBJETIVOS

Al ser conscientes de las afectaciones causadas por los desastres naturales y considerando que el país tiene ocho volcanes activos que son: el Cotopaxi, Tungurahua, Cayambe, Guagua Pichincha y Antisana, ubicados en el callejón interandino



Figura 2.1: Volcanes Activos del Ecuador, octubre 1999.  
Fuente: El HOY.

El volcán Cotopaxi está ubicado a 50 kilómetros del sureste de Quito, y su posible erupción podría afectar a zonas pobladas. De acuerdo al Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional el principal problema que se presentaría son los flujos de lodo, ya que el Cotopaxi “es un estrato volcán joven con forma cónica, simétrica casi perfecta, cubierto por completo por glaciares. En su cima existe un cráter grande y profundo con notable actividad fumarólica”.

De ese contexto, es importante el desarrollo de este trabajo con los objetivos generales y específicos que se anotan a continuación.

## **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Presentar las directrices para el establecimiento de sistemas sostenibles y seguros frente a las amenazas naturales, en este caso, los flujos de lodo asociados a erupciones volcánicas.

## **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Definir una metodología práctica de evaluación de la vulnerabilidad.
- Efectuar el análisis de vulnerabilidad de los sistemas de agua potable existentes en el flanco norte del volcán Cotopaxi, frente a una eventual erupción de dicho volcán.
- Plantear lineamientos de políticas públicas para reducción de la vulnerabilidad.

El cumplimiento de estos objetivos permitirá conocer y disponer de una serie de métodos y/o procedimientos que lleven a la disminución de los efectos negativos que tendría una eventual erupción volcánica sobre las poblaciones, sistemas o zonas afectadas.

## **CAPÍTULO 3**

### **MARCO TEORICO**

#### **3.1 DESASTRE**

Es la destrucción, parcial o total, transitoria o permanente, actual o futura, de un ecosistema. Es por tanto, destrucción de vidas humanas, del medio y las condiciones de subsistencia.

Los desastres se presentan cuando se desencadena una fuerza o energía con potencial destructivo (**amenaza**) y encuentra condiciones de debilidad o incapacidad de reacción ante los efectos de esa fuerza (**vulnerabilidad**). La vulnerabilidad determina la intensidad del desastre, es decir, el grado de destrucción de la vida.

##### **3.1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS DESASTRES**

Los desastres suelen clasificarse según su origen (o tipo de amenaza) en dos grandes categorías (Tabla 3.1):

###### **3.1.1.1 Desastres naturales o socio-naturales**

Donde la energía amenazante proviene de un fenómeno natural, desencadenado por las dinámicas de la naturaleza o por la intervención humana. Se dividen en tres tipos:

- Meteorológicos: relativos a la atmósfera y el clima.
- Topográficos y geotécnicos: relativos a la superficie de la tierra.
- Tectónicos o geológicos: relativos a las fuerzas internas de la tierra.

###### **3.1.1.2 Desastres antrópicos y sociales**

Donde la energía destructiva tiene origen humano y social. Se los puede clasificar

en cuatro tipos:

- Exclusión Humana: causados por la falta de garantías económicas, sociales y políticas a la existencia de condiciones básicas de subsistencia para todos los seres humanos.
- Guerras y delincuencia: causados por el abuso destructivo de la vida humana o los medios y condiciones de subsistencia.
- Mal manejo de recursos y desechos: provenientes del abuso destructivo del territorio, desconociendo las limitaciones del medio natural.
- Accidentes: causados por imprevisión o por limitaciones en la capacidad humana para el manejo de la tecnología.

## **3.2 PREVENCIÓN**

La prevención es el conjunto de acciones y procedimientos que se realiza ante la amenaza (cuando es posible) y sobre cada uno de los elementos constitutivos del sistema analizado y que esté sujeto a exposición, es decir sea vulnerable. La mayoría de los desastres puede evitarse mediante actividades de prevención y el correspondiente plan de mitigación y/o remediación.

### **3.2.1 DESARROLLO SOSTENIBLE**

Es la búsqueda del bienestar de los seres humanos y el control del deterioro de los ecosistemas, es decir la preservación de la vida. Considerando el desempeño económico, social y ambiental de modo que permita hacer frente a las necesidades del presente sin poner en peligro el equilibrio global del ecosistema así como tampoco afectar la capacidad de satisfacer las necesidades de las generaciones futuras.

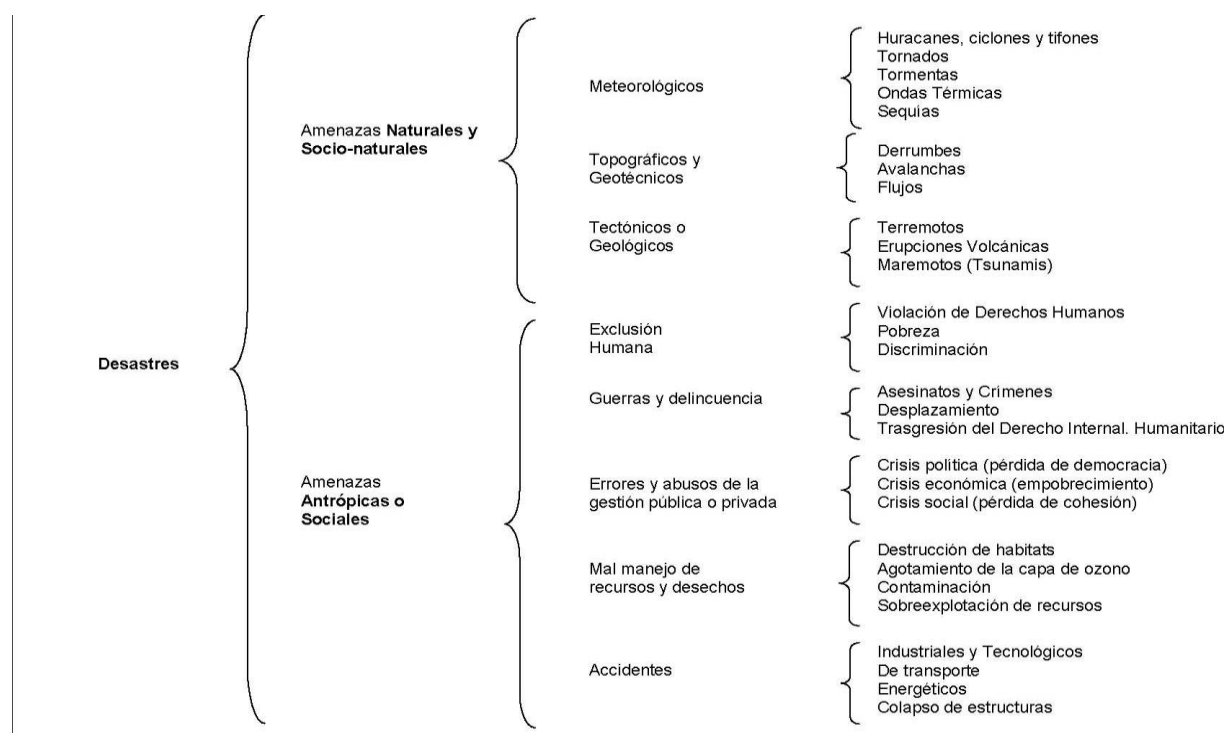
El desarrollo sostenible tiene dos objetivos y un límite.

Los objetivos son:

- El presente: satisfacer las necesidades básicas de la humanidad (vida, agua, alimentación, protección, trabajo), con énfasis en los más pobres, que son precisamente los que no pueden auto satisfacerlas en la actualidad.; y

- El futuro: garantizar condiciones que permitan a la humanidad seguir satisfaciendo las necesidades básicas de las próximas generaciones.
- El límite, está dado por las capacidades de la vida, la disposición y utilización de los recursos del planeta, siendo este ultimo el factor a controlar y vigilar para evitar cambios en la atmósfera, los suelos, las aguas, las plantas y los animales. Cambios que pueden considerarse alteraciones que podrían superar la capacidad científica e institucional, para el control de sus efectos destructivos en el ecosistema global.

**Tabla 3.1:** TIPOLOGÍA DE DESASTRES SEGÚN SU ORIGEN (TIPO DE AMENAZA)



**Fuente:** Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales, ONU, 2002.



### 3.3 POLÍTICAS PÚBLICAS PARA LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD FRENTE A LOS DESASTRES NATURALES

Como se indicó en los párrafos anteriores, al poder o energía que puede desencadenarse se le llama amenaza y a la predisposición para sufrir daño se la denomina vulnerabilidad.

Entonces, el riesgo de desastre según sus componentes, se expresa como:

$$\text{Riesgo de Desastre} = f(\text{Amenaza}, \text{Vulnerabilidad})$$

### 3.4 AMENAZA

Se define como la magnitud y duración de una fuerza o energía potencialmente peligrosa capaz de destruir o desestabilizar un ecosistema o los elementos que lo componen; asociada directamente a la probabilidad de que esa energía se desencadene. Tiene tres componentes:

- *Energía Potencial*: magnitud de la actividad o cadena de actividades que podrían desencadenarse.
- *Susceptibilidad*: predisposición de un sistema para generar o liberar la energía potencialmente peligrosa, ante la presencia de detonadores.
- *Detonador o Desencadenante*: Evento externo con capacidad para liberar la Energía Potencial. El detonador adecuado para un determinado nivel de susceptibilidad desencadena la energía potencial.

$$\text{Amenaza} = f(\text{Energía Potencial}, \text{Susceptibilidad}, \text{Detonador})$$

### 3.5 VULNERABILIDAD

Una amenaza es un peligro que causa una emergencia. La vulnerabilidad a esa amenaza causa un desastre.

Entonces, la vulnerabilidad es la disposición interna a ser afectado por una

amenaza. Si no hay vulnerabilidad, no hay destrucción o pérdida.

Por ello vulnerabilidad se define como la propensión interna de un ecosistema o de algunos de sus componentes a sufrir daño ante la presencia de determinada fuerza o energía potencialmente destructiva.

La vulnerabilidad depende de:

- **Grado de exposición:** Tiempo y modo de sometimiento de un ecosistema (o sus componentes) a los efectos de una actividad (cuánta energía potencialmente destructiva recibe y por cuánto tiempo).
- **Protección:** Defensas del ecosistema (y de sus elementos) que reducen o eliminan la afectación que le puede causar una actividad con potencial destructivo. Pueden ser permanentes, habituales, estables y/u ocasionales, pero eficientes y activas en el momento de exposición a la fuerza desestabilizadora.
- **Reacción inmediata:** Capacidad del ecosistema (y de sus elementos) para reaccionar, protegerse y evitar el daño en el momento en que se desencadena la energía con potencial destructivo o desestabilizador.
- **Recuperación básica:** También se denomina rehabilitación y consiste en el reestablecimiento de las condiciones esenciales de subsistencia de todos los componentes de un ecosistema, evitando su muerte o deterioro con posterioridad al evento destructivo.
- **Reconstrucción:** Recuperación del equilibrio y las condiciones normales de vida de un ecosistema, por su retorno a la condición previa o, más frecuentemente, a una nueva condición más evolucionada y menos vulnerable.

En este punto, es preciso introducir el criterio de **homeostasis**, que es la capacidad del ecosistema (y de sus elementos) para mantenerse en equilibrio, es decir, para preservar sus características básicas, la vida de sus componentes y sus condiciones de subsistencia, cuando se presenta una actividad

potencialmente destructiva o desestabilizadora.

La capacidad de recuperación básica y de reconstrucción constituye la **resiliencia**, o capacidad del ecosistema para reponerse, después de haber sido alterado por una actividad destructiva o desestabilizadora.

La Homeostasis (protección permanente y la capacidad de reacción inmediata) junto con la Resiliencia (recuperación básica y reconstrucción), constituyen la resistencia, que es la capacidad del ecosistema (o de sus componentes) para evitar, amortiguar o reponerse de los efectos de la actividad con potencial para producir daño o desestabilización.

Resumiendo:

Resistencia:  $f$  (Homeostasis, Resiliencia)

Homeóstasis:  $f$  (Protección, Reacción inmediata)

Resiliencia:  $f$  (Recuperación básica, Reconstrucción)

De donde:

$$\text{Vulnerabilidad} = f(\text{Grado de Exposición, Protección, Reacción Inmediata., Recuperación Básica, Reconstrucción})$$

$$\text{Vulnerabilidad} = f(\text{Grado de Exposición, Resistencia})$$

### 3.6 FASES DE LOS DESASTRES

Las fases de los riesgos de desastre son: exposición, recuperación y reconstrucción del ecosistema, comunidad o medio. Estas fases, pueden presentarse independientemente o combinadas según el tipo de evento.

### 3.7 ENCADENAMIENTO DE RIESGOS Y DESASTRES

Es frecuente que los desastres se presenten por reacción en cadena. Es decir al generarse impactos destructivos en un sistema vulnerable y éste; a su vez, se convierte en amenaza sobre otro sistema y así sucesivamente. A mayor vulnerabilidad, mayor posibilidad de generar condiciones de reacción en cadena.

Se puede citar por ejemplo que al presentarse una eventual erupción en el Volcán Cotopaxi; las altas temperaturas provocarían el derretimiento del glaciar lo que generaría inundaciones, flujos de lodos y estos a la vez obstrucciones y arrastre de material hacia las zonas bajas, lo que no solo destruirá las zonas cercanas al volcán sino las poblaciones y zonas de cultivo de la cuenca de drenaje.

### **3.8 CONSECUENCIAS DE LOS DESASTRES**

Es importante considerar que la prevención de desastres consiste esencialmente en la conservación y recuperación de las condiciones naturales reconociendo la relación integral entre el hombre y el medio ambiente. El objetivo es lograr un adecuado control sobre las amenazas naturales de modo que se maximice la protección de la vida humana, se establezcan los sistemas de alarma y la creación de una infraestructura de protección, tanto en el presente como para el futuro.

*Efecto de los desastres* son las consecuencias e incidencias sobre los seres vivos; no humanos, en el medio físico construido y en el medio físico natural (por ejemplo: destrucción fuentes de agua y viviendas).

*Impacto de los desastres* es el daño causado sobre la vida y el bienestar humano, a corto y largo plazo (como muerte de personas, enfermedades y epidemias, y deterioro de las condiciones de vida).

### **3.9 PREVENCIÓN DE DESASTRES**

Prevenir un desastre es adelantar acciones para reducir la amenaza o la vulnerabilidad, mediante la intervención en uno o más de los factores que las constituyen.

#### **3.9.1 PREVENCIÓN DE DESASTRES POR CONTROL DE LA AMENAZA**

La prevención de desastres por reducción de la amenaza se realiza cuando:

- Se logra reducir la energía potencial de esas actividades.

- Se logra reducir la susceptibilidad del sistema generador de actividades peligrosas o desestabilizadoras.
- Se logra controlar la actividad o evento detonador.

Reducir la amenaza de desastres naturales solamente es posible en algunos casos. Los seres humanos:

- No pueden impedir la presencia de las amenazas tectónicas;
- Pueden reducir parcialmente las amenazas de carácter meteorológico, mediante el control de las actividades que inciden negativamente en el clima; y
- Pueden tener gran injerencia en la reducción de las amenazas topográficas, con acciones locales en materia ambiental, tales como la reforestación, el control de los procesos de erosión y el correcto manejo de las corrientes de agua.

### **3.9.2 PREVENCIÓN DE DESASTRES POR REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD**

La reducción de la vulnerabilidad es la medida más eficaz de prevención de desastres naturales y socio-naturales. La prevención se califica como efectiva cuando:

- se reduce el tiempo y la intensidad de la exposición, porque el sistema o sus elementos se alejan de zona amenazada;
- se realizan acciones de protección;
- se mejora la capacidad de reacción inmediata; mediante mecanismos de alerta temprana, organización y entrenamiento comunitario;
- se crea capacidad para atender de manera integral la recuperación básica de las condiciones necesarias para satisfacer las necesidades esenciales del ecosistema afectado;
- se crea capacidad para garantizar la reconstrucción del ecosistema afectado, logrando la recuperación definitiva y el desarrollo del ecosistema afectado.

A diferencia del control de las amenazas, que solamente es posible en algunos casos, la reducción de la vulnerabilidad siempre es posible.

El objetivo ideal es lograr que no haya desastres porque se ha minimizado la vulnerabilidad y, en especial, que no haya pérdida de vidas humanas. Por eso los mayores esfuerzos de prevención, especialmente en el ámbito local, se realizan en el campo de la reducción de la vulnerabilidad.

## **CAPÍTULO 4**

### **METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD**

Los principales efectos de las erupciones volcánicas sobre los sistemas de agua potable según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2001) son:

- Destrucción total de las instalaciones en el área de influencia directa de los flujos, generalmente restringida al cauce de los drenajes que nacen en el volcán.
- Obstrucción por las cenizas en obras de captación, desarenadores, tuberías de conducción, floculadores, sedimentadores y filtros.
- Modificación de la calidad de agua en captaciones superficiales y reservorios abiertos por caídas de cenizas.
- Contaminación de ríos, quebradas y pozos en zonas de deposición de lahares.
- Destrucción de vías de acceso a los componentes y líneas de transmisión de energía eléctrica y comunicaciones.
- Incendios.
- Fallas de estructuras civiles por impacto, acumulación material lahárico o de cenizas, entre otros.

#### **4.1 ETAPAS DE LA METODOLOGÍA**

A continuación se describen las etapas de desarrollo de la metodología aplicada en la determinación de la vulnerabilidad existente en el área de estudio:

1. Análisis Histórico.
2. Determinación de procesos generadores de daño.
3. Investigación Empírica o en Terreno (Identificación, caracterización y localización de elementos expuestos).

4. Determinación de la Intensidad y modos de daño del fenómeno frente a cada uno de los elementos expuestos (Calificación del Índice de Vulnerabilidad).
5. Discusión de Prioridades (Valoración del Índice de Vulnerabilidad).
6. Cuantificación de los elementos expuestos a la amenaza y pérdidas esperadas.
7. Elaboración de Mapa.
8. Planificación y
9. Establecimiento de las directrices de las políticas publicas a utilizar.

Se utilizó además como herramienta para el procesamiento y visualización de datos los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ArcView<sup>®</sup> 3.2 por la capacidad de análisis espacial y superposición entre temas y por la facilidad de asociación entre elementos espaciales y tablas alfanuméricas necesarias para el análisis de vulnerabilidad.

#### **4.1.1 DETERMINACIÓN DE PROCESO GENERADOR DE DAÑO**

Los procesos generadores de daño, también conocidos como solicitaciones, representan las formas de interacción entre los fenómenos (en este caso los lahares) y los elementos expuestos a su acción. Con esto se busca facilitar el análisis de intensidad del evento y los daños generados por el mismo.

En términos generales se tienen cuatro grandes familias de solicitaciones, en lo que a fenómenos de remoción en masa, se refiere y que en el presente estudio se han planteado (Leone, 1996):

- Desplazamientos y deformaciones asociadas.
- Presiones resultantes de impactos o fuerzas laterales.
- Acumulaciones de material.
- Zonas de socavación.

Para este caso los procesos de daño serían:

- Impactos directos, en las zonas aledañas al volcán y los cauces definidos.
- Presiones fijas ejercidas sobre los elementos por el flujo de lahares.



- Socavación lateral y de fondo en la zona de drenaje de los lahares y flujos secundarios.
- Depósito y acumulación de material proveniente del flujo de lahares, flujos secundarios y cenizas volcánicas.

Los niveles de Intensidad de acuerdo a la solicitud (tabla 4.1); se han evaluado entre 0 y 100, según el grado de información disponible y para facilitar la familiarización con la metodología:

**Tabla 4.1:** Niveles de Intensidad

<b>NIVELES DE INTENSIDAD</b>	<b>Descripción</b>	<b>CONSECUENCIAS</b>
<i>Alta por impacto e inundación</i>	<i>(AI)</i>	<i>Corresponden a los cauces activos actuales de los ríos y depresiones morfológicas de cauces antiguos. Se espera destrucción parcial o total de los elementos.</i>
<i>Alta por presión, acumulación e inundación</i>	<i>(AP).</i>	<i>Áreas donde la energía cinética es alta y causa destrucción de paredes y muros y obras transversales al flujo (bocatomas, azudes, desrripador, desarenador, pasos subfluviales, pasos de tubería, etc.).</i>
<i>Alta por acumulación e inundación</i>	<i>(AA)</i>	<i>Zonas de sedimentación, se observa taponamientos de algunos elementos hasta la destrucción total.</i>
<i>Alta por socavación lateral</i>	<i>(AS)</i>	<i>En bordes de terrazas y escarpes afectadas por procesos de erosión</i>
<i>Alta por depositación de ceniza</i>	<i>(AC)</i>	<i>En zonas cercanas a la ubicación de las fuentes de emisión con vientos preferenciales.</i>
<i>Moderada por impactos</i>	<i>(MI)</i>	<i>En antiguas llanuras de inundación ubicadas en zonas relativamente más altas y en las que se haya registrado el paso de pequeñas y medianas crecidas.</i>
<i>Moderada por presión, acumulación e inundación</i>	<i>(MP)</i>	<i>Zonas donde la energía cinética sea moderada y puedan afectar parcialmente elementos.</i>
<i>Moderada por acumulación e inundación</i>	<i>(MA)</i>	<i>Zonas de inundación de pequeña magnitud, el valor asignado en este caso es de 3.</i>
<i>Moderada por erosión y remoción en masa</i>	<i>(ME)</i>	<i>Laderas y terrazas susceptibles a erosión laminar, surcos, cárcavas; donde pueden provocarse deslizamientos y/o desprendimientos.</i>
<i>Moderada por Depositación de ceniza</i>	<i>(MC)</i>	<i>En zonas alejadas de la fuente de emisión. La mayor afectación sería por contaminación de las cenizas en embalses y/o captaciones.</i>

#### **4.1.2 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS**

Se deben ubicar únicamente los que se encuentran dentro del área de influencia del fenómeno; definidos en el mapa de amenazas publicado por el Instituto Geofísico de la EPN (IG, 2004) y de estos se debe determinar su resistencia a sufrir daños tomando en cuenta principalmente los procesos generadores de daño a que estén expuestos, la información secundaria disponible y la información de campo.

Los elementos vulnerables pueden ser clasificados en corporales, estructurales y funcionales. En el presente estudio el análisis de vulnerabilidad se realiza solo para los elementos estructurales y para la parte funcional, por el alcance planteado en vista de la información disponible.

Dentro de los elementos estructurales se encuentran las construcciones, redes que a su vez incluyen vías, conducciones, líneas, canales y finalmente superficie naturales en las que se ha considerado la parte rural y urbanizada.

#### **4.1.3 DETERMINACIÓN DE LOS MODOS Y NIVELES DE AFECTACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS.**

Con el objeto de tener una idea clara, en términos cualitativos de la magnitud de afectación de los elementos expuestos; se realiza una escala cualitativa de daños potenciales para cada tipo de elemento, la misma que se presenta a continuación.

1.- Daños ligeros no estructurales, acumulaciones menores sin que se afecte la estabilidad y su reparación no tome más de 48 horas.

2.- Daños importantes, fisuras en los elementos, acumulaciones y obstrucciones medias, en las que se tenga que utilizar maquinaria menor y que además el área

de afectación por prestación de servicio sea mayor a 50 personas, sin pérdida de vidas humanas.

3.- Daños graves o destrucción total de la estructura, daños mayores en las vías, vehículos, caídas de postes, etc. La reparación tomará más de 10 días y la afectación por prestación de servicio puede incluso determinar pérdida de vidas humanas.

La Tabla 4.2 permite analizar la interacción de los fenómenos versus los elementos expuestos y el grado de afectación asignado.


**Tabla 4.2:** Matriz de interacción fenómeno – Elementos para evaluación de niveles de daños estructurales

SOLICITACIONES		ELEMENTOS EXPUESTOS							
NATURALEZA SOLICITACIONES EN FENOMENOS DE	INTENSIDAD FENOMENOS DE	CONSTRUCCIONES <sup>(1)</sup>			REDES				SUPERF. NATURAL
		TIPO I	TIPO II	TIPO III	Vías	Conducc.	Líneas	Canales	
IMPACTO DIRECTO REMOCION EN MASA	AI	3	3	3	2-3 (3)	2 (3)	2	2-3 (3)	3
	MI	3	3	3	2-3 (3)		2	2-3 (3)	3
PRESIONES LATERALES	AP	2	3	3	2	2-3 (3)	0-1 (1)	1	2
	MP	1	2	3	2	2-3 (3)	0	1	1
SOCAVACION LATERAL Y DE FONDO	AS	3	1	3	3	3	1	2-3 (3)	3
	ME	1-3 (1)	1-3 (1)	1-3 (1)	1-3 (1)	1-3 (1)	0-1 (0)	0-2 (0)	1
ACUMULACIONES	AA	3	3	3	2	2	1	3	2
	AC	3	3	3	3	3	1	3	3
	MA	1	1	2	2	2	1	1	1-2 (2)
	MC	2	2	2	2	2	1	2	2

TIPO I Construcción elemental - Infraestructura básica y/o de protección

TIPO II Construcción en bloque y concreto

TIPO III Construcción de gran envergadura o viviendas con más de dos pisos en bloque y concreto

 No se considera interacción

NOTA: Los rangos 1, 2, 3 presentes en esta matriz hacen referencia a la intensidad del daño en cada estructura.

Fuente: Guía metodológica para la Evaluación de riesgos por fenómenos de remoción de masa, 2001. (Adaptación según el evento Analizado)

## CAPÍTULO 5

### DETERMINACIÓN DE AMENAZAS

La evaluación se efectuó en la zona de influencia directa más probable de los lahares, flujo de lodos y caídas de ceniza; productos de una potencial erupción del Cotopaxi; incluyendo en ello, los pasos y cruces de la conducción que en la zona existen.

#### 5.1 LAHARES VOLCÁNICOS



**Fotografía 5.1:** Evidencia de Flujo Laharítico – Volcán Cotopaxi  
Cortesía Mothes, P., 2003

Los lahares (Fotografía 5.1) son una mezcla de agua y materiales diversos (cenizas, bloques y bombas volcánicas, suelo, vegetación y troncos de árboles) que se mueven a velocidad importante (entre 15 y 40 m/s) por los drenajes del volcán, y que pueden en ocasiones, arrastrar animales y eventualmente afectar zonas pobladas, amenazando la integridad física de la población. Se puede hallar mayor detalle en los informes de modelación numérica (Galárraga, 2004) y del estudio de Amenaza Volcánica (Mothes *et al.*, 2004) (Peligros Asociados al Volcan Cotopaxi, EPN-IG, 2004).

En el caso del Cotopaxi (Fotografía 5.2), una erupción puede provocar la fusión instantánea de una gran parte o de la totalidad (en caso extremo) de su glaciar, dando lugar a la formación de “lahares primarios”. Casi siempre, los lahares primarios tienen mayor volumen y tamaño que los secundarios.



**Fotografía 5.2:** Vista de la trayectoria de lahares dispuesta en los flancos del Cotopaxi. Cortesía Mothes, P., 2003

Como señala Hall (2004), en el Estudio de la Amenaza Volcánica “uno de los principales peligros relacionados con una posible reactivación del volcán Cotopaxi es la potencial formación de grandes lahares destructivos”; los mismos que pueden alcanzar grandes volúmenes y cubrir extensas áreas (Mothes, 1992; Mothes *et al.*, 1998), afectando a importantes obras de infraestructura y, más aún a zonas densamente pobladas, incluso a aquellas ubicadas a varias decenas de kilómetros de distancia del volcán, especialmente las aledañas a los ríos principales que drenan este volcán contándose entre ellas: Latacunga y Salcedo al Sur, o Sangolquí, San Rafael, Tumbaco y hasta la zona costera de Esmeraldas hacia el norte.

Los lahares bajan por las laderas de los volcanes y se desplazan a lo largo de los cauces que drenan las partes altas. Al llegar a las planicies, se distribuyen tan ampliamente como cantidad de material y agua contengan. Tomando en cuenta que los lahares poseen trayectorias predecibles, el conocimiento de las mismas es razón de estudio e instrumentación de las zonas por donde éstos eventualmente podrían moverse. Por ello el esfuerzo conjunto de la EPN y la EMAAP-Q para definir, caracterizar y cuantificar los efectos de una posible erupción del Volcán Cotopaxi, incluyendo en este proceso el estudio, observación y vigilancia de las zonas donde pueden originarse los eventos laharíticos y por donde pueden desplazarse.

## 5.2 FLUJOS SECUNDARIOS

Los “lahares secundarios” tienen lugar, al presentarse lluvias torrenciales, durante y después del evento. Estos tienen la capacidad de remover los piroclastos y otros materiales rocosos resultado de las erupciones volcánicas.

## 5.3 CENIZA VOLCÁNICA

Los materiales rocosos de grano fino expulsados por el volcán (ceniza volcánica) pueden extenderse por decenas o cientos de kilómetros de distancia desde el cráter con ayuda de los vientos. El espesor de las caídas de ceniza en un punto es función de la magnitud de la erupción, de la distancia al cráter y dirección de los vientos en el momento de la erupción.

Por sus características, la ceniza volcánica es un material abrasivo, irritante y pesado, que puede derrumbar los techos de las casas, aplastar sembríos, bloquear las carreteras y los cursos de agua y que combinada con los gases tóxicos, puede incluso, lesionar los pulmones a niños ancianos y personas con problemas respiratorios.



**Fotografía 5.3:** En la vía Baños-Riobamba, las casas quedaron totalmente cubiertas de ceniza, EL COMERCIO, 24 / Julio / 2006.

Los gases altamente concentrados, capaces de envenenar a personas sanas, se encuentran sólo en una zona muy próxima al volcán y al ser el Cotopaxi, de considerable altura (5897 msnm), es muy seguro que estos se disuelvan o eleven

en su mismo entorno sin provocar daños inmediatos. Pero cuando el dióxido de azufre de la nube de ceniza se combina con la lluvia, se produce ácido sulfúrico (y, a veces, otros) en concentraciones que pueden producir leves quemaduras en la piel, los ojos, y las membranas mucosas; en tal circunstancia, se hace necesario la implementación de las medidas correspondientes de protección.

La ceniza volcánica también puede dañar plantaciones como lo evidencian los reportes de las erupciones del volcán Tungurahua (1999) y Reventador (2002). La Fotografía 5.3 permite visualizar parte de dichos efectos, en la población de Yanayacu, zona de influencia de las caídas de ceniza del Tungurahua.

Es conveniente señalar que toda la zona de estudio estaría sujeta a la presencia de fenómenos de caídas de ceniza que en una erupción volcánica puede presentarse.



**Fotografía 5.4:** Efectos Caídas de Ceniza del Volcán Tungurahua, EL COMERCIO, 14 / Agosto/ 2001.

Según los estudios y evidencias de campo, las caídas de ceniza podrían estar en un rango comprendido entre los 5.0 cm en las inmediaciones del volcán hasta menores a 1.0 mm en las áreas más alejadas (Hall et\_al, Estudio de la Amenaza Volcánica, 2004).

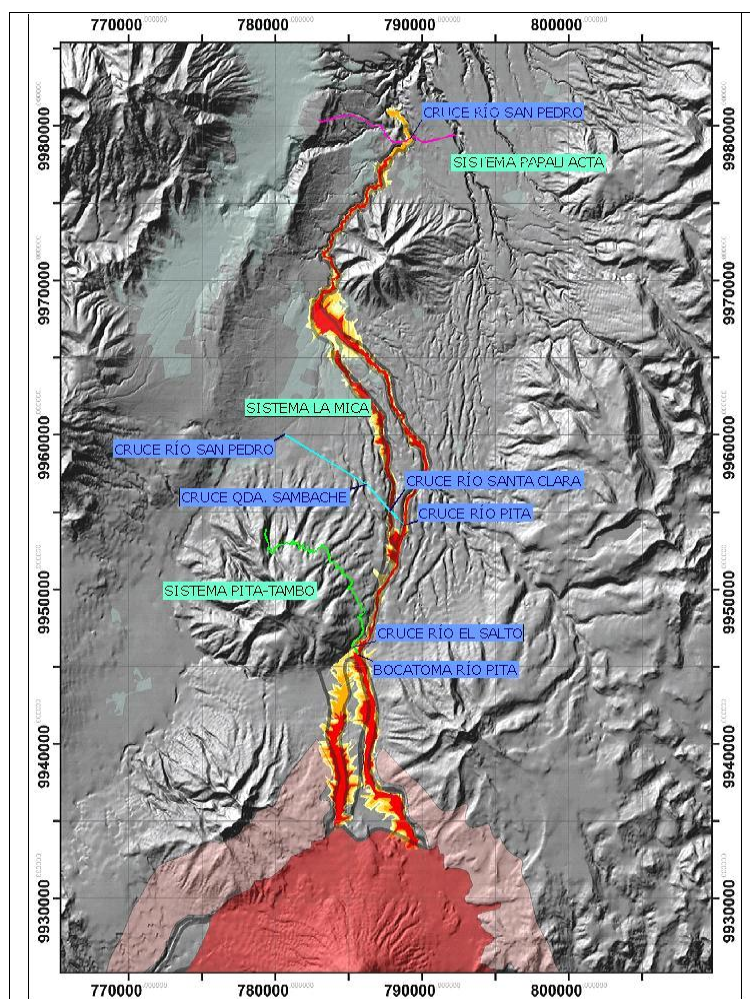
Las investigaciones geológicas realizadas en la última década por el Instituto Geofísico de la EPN, permite afirmar que la concentración de finos en la ceniza volcánica puede tender a ser fácilmente removida de la superficie. Evaluando las condiciones morfológicas, pendientes de la cuenca, características de los cauces y áreas de afectación, conlleva a que la ceniza volcánica no podría sedimentarse fácilmente. Mayor detalle sobre los efectos de la ceniza se pueden encontrar en el ANEXO 2 (IG, 2004 – Caracterización de la ceniza volcánica).



## CAPÍTULO 6

### ZONA DE ESTUDIO

Los cauces de drenaje del flanco norte por donde han transitado los lahares primarios generados por erupciones pasadas del volcán Cotopaxi corresponden específicamente a los ríos Pita, Salto, Santa Clara y San Pedro, siendo directamente afectados los sistemas de abastecimiento de agua potable Pita-Tambo, La Mica – Quito Sur y Papallacta. La figura 6.1 muestra los ríos que corresponden al cauce por los que transitaron los lahares del Cotopaxi, en el evento de junio de 1877. Se tiene la ubicación de los sistemas de abastecimiento de agua potable y los sitios de interés; observándose que los sitios mencionados en la tabla 6.1 no forman parte de la red altamente expuesta.



**Figura 6.1:** Drenaje norte con el tránsito de lahares primarios y cruces con los sistemas de la EMAAP-Quito. **Fuente:** INSTITUTO GEOFISICO EPN, 2004

## 6.1 INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

La visita y evaluación técnica de los sitios de interés permitió observar las características particulares para así evaluar “*in situ*” las condiciones de la infraestructura. La descripción de cada una de ellas se presenta a continuación:

### 6.1.1 Bocatoma en el Río Pita – Sistema Pita Tambo

La bocatoma del sistema Pita se ubica en un tramo típico de erosión, pues está entre dos cascadas; la primera ubicada aguas arriba de la sección de la toma es de una altura relativamente pequeña menor a los 5 m, en tanto que la cascada ubicada aguas abajo de la toma conforma una caídas de más de 60 m.

Aguas arriba de la captación, al pie de la cascada de menor altura, se han realizado algunas adecuaciones para retener el material grueso en el cauce.

La toma está conformada por un azud con rejilla de fondo y un desripador ubicado a la izquierda de éste. Estas estructuras están cimentadas sobre lava y están construidas en hormigón sobre el fondo del río, el mismo que no presenta acumulación de material aluvial. Existe un canal abierto que conduce el agua hasta el ingreso al túnel hacia el desarenador y posteriormente al sifón sobre el río Salto. El cauce principal del río se ubica cerca a la margen derecha de la sección. La terraza lateral junto a la margen izquierda se ubica a mayor altura que el cauce. Sobre ésta se halla una vía de acceso y la vivienda de guardianía. En esta misma dirección se nota que el cauce del río Pita forma una curva girando casi 90°, a partir de la cual el cauce mantiene un trazado más o menos recto. Tanto en el tramo superior como en el tramo de la bocatoma el cauce principal del río Pita se ubica aproximadamente en la mitad de un cañón definido por taludes verticales con alturas variables entre los 20 m y 25 m. Las velocidades del agua en todo este sector son relativamente altas debido a la fuerte pendiente del tramo.

Independientemente del tipo de erupción, las corrientes de lava, piedras o grandes rocas expulsadas pueden producir daños en prácticamente todas las

estructuras y edificaciones ubicadas sobre el nivel del suelo o peor aún en la zona de drenaje directo del flujo laharico, caídas de piroclásticos y de ceniza por lo que al considerar la localización de la bocatoma ésta se halla totalmente expuesta.

**En la fotografía No. 6.1, se muestra la zona de la Bocatoma**



Fotografía No. 6.1: Vista general de la Bocatoma en el río Pita (Sistema Pita-Tambo).

### **6.1.2 Campamento EMAAP-Q Sector Bocatoma del Río Pita**

Otro punto de interés es el campamento de la EMAAP-Q, situado al lado izquierdo de lo que se constituye el cauce del río Pita. Se halla en la planicie de drenaje de los lahares y es vecina de la parte alta del encañonado del río Salto.

La estructura es de paredes de mampostería con cubierta de eternit, se halla protegida o delimitada por un cerramiento de mampostería con una altura de 2m, en su interior se hallan dos construcciones o alas en buen estado y otras dos que requieren mantenimiento.

Este campamento se encuentra asentado sobre lo que fue zona de inundación dado el rebose de los lahares en el sitio de la Bocatoma. Es precisamente esta

planicie, la considerada como zona de desborde y de conducción de un porcentaje de caudal de lahares que puede movilizarse hacia el cauce del río Salto.

La fotografía No.6.2, presenta la ubicación del campamento de la EMAAP-Q en la zona de lo que sería la posible zona de inundación de los lahares.



**Fotografía No. 6.2:** Vista general del Campamento EMAAP-Q (Proyecto Pita-Tambo)



**Fotografía No. 6.3:** Evidencia del paso de lahares - Campamento EMAAP-Q (Proyecto Pita-Tambo)



### 6.1.3 Sifón Río Salto - Sistema de Abastecimiento Pita – Tambo

El sistema de agua potable Pita - Tambo atraviesa el río Salto mediante un paso subfluvial, cuyos ramales ascendente y descendente son superficiales, en el tramo junto al río y en los taludes se observa cobertura vegetal originaria de la zona.



**Fotografía No. 6.4**

Cámara de válvulas - margen derecha



**Fotografía No. 6.5**

Margen izquierda del Paso subfluvial

Las fotografías No. 6.4 y 6.5, muestran las características del sifón en este cruce, ubicado en las coordenadas 785270 E y 9946290 N a una altura de 3.256 msnm. El sifón se inicia a la salida del desarenador con un tanque de carga que se halla en la parte alta de la margen derecha del río, junto a la vía de mantenimiento del sistema, mediante el cual se transforma el flujo a superficie libre en flujo a presión, en el ramal descendente del sifón. Este ramal está protegido por un recubrimiento de hormigón en toda su altura hasta que alcanza el lecho del río. El paso subfluvial se ubica a una profundidad de 1.20 m bajo el lecho del río, probablemente bajo el material aluvial.

En la orilla izquierda se observan las tapas de las cámaras de válvulas y de desagüe, por su ubicación, éstas son inundadas incluso con crecidas no muy extraordinarias. En esta pared, la tubería aparece superficial, está sostenida por anclajes de hormigón y los soportes correspondientes, no cuenta con recubrimiento,

ni ningún otro elemento de protección contra impactos o presiones. A través de ella, el flujo asciende hasta el tanque de llegada ubicado en la cota 3308 msnm en un talud de más de 80° de inclinación.

El sifón en el río Salto está conformado por tubería de acero de 48", ASTM A-283D ACERO e = 0.375" con uniones flexibles típicas. La longitud total de tubería en el cruce es de 230 m, siendo la longitud del tramo encajonado 121 m. En la Tabla No. 6.1 se exponen los componentes de la tubería e instalaciones.

**TABLA No. 6. 1**  
**TRAMOS DEL SIFÓN DEL SISTEMA PITA – TAMBO EN EL RÍO SALTO**

#	Tramo	Abscisa y cota proyecto	Longitud tubería m	Accesorios
1	Codo vert. 50° 00'	6+56.90 (3311.11 m)	76	Dresser coupling allow for ± 1/4 " Bloque anclaje
2	Codo vert. -48° 30'	7+05.50 (3252.639 m)	14	Paso subfluvial Desagüe
3	Codo vert. -9° 30'	7+20.287 (3251.639 m)	25	Pozo de revisión
4	Codo vert. -64° 00'	7+46.392 (3255.298 m)	32	4 soportes de tubería tipo B
5	Codo vert. 27° 00'	7+59.292 (3295.00 m)	14	Dresser coupling allow for ± 1/4 " 1 soporte de tubería tipo B
6	Codo vert. 22° 00'	7+65.00 (3300.708m)	18	Bloque anclaje 1 soporte de tubería tipo B
7	Codo vert. 17° 07'	7+79.803 (3306.991 m) hasta 8+24.22 (3310 m)	44	Estructura de salida Bloque anclaje 7 soportes de tubería tipo B PI – curva derecha 45°

Fuente: EMAAP-Q, Planos digitalizados proyecto Pita – Tambo, año 2002

Los datos de abscisado es el correspondiente al proyecto Pita-Tambo.

#### 6.1.4 Paso Subfluvial Río Santa Clara – Sistema La Mica – Quito Sur

La conducción del sistema de abastecimiento de agua potable La Mica – Quito Sur atraviesa el río Santa Clara mediante un paso subfluvial que se encuentra en las coordenadas 787768 m E y 9955070 m N. La fotografía No. 6.6 muestra una vista general del Cruce.



**Fotografía No. 6.6:** Cámara de válvulas - margen lateral izquierda (río Santa Clara)

La tubería del cruce es de Acero API 5LX-65, 1018 mm de diámetro interior, y 24.50 mm de espesor. La longitud total de la tubería en el tramo es de 180.43 m. Se inicia en un terreno plano, en el lado derecho del río, después llega al borde de la quebrada, donde la pendiente aumenta considerablemente y desciende hasta cruzar bajo el río a una profundidad de 5 m. La salida de la válvula y la estructura de desagüe se encuentran a la derecha de la conducción, a 17 m de distancia aguas abajo de la misma. Después, la tubería asciende por la ladera izquierda que tiene una pendiente aproximada de 60°. El terreno situado a la derecha del río va disminuyendo su inclinación y formando una terraza a unos 20 m arriba del cauce.

En este tramo el lecho del río tiene un ancho de 3 m y el calado para caudales ordinarios es pequeño siendo de apenas 30 cm en temporada seca según la información recopilada en campo. En el cauce no se observa material aluvial debido a la fuerte pendiente longitudinal del tramo que alcanza el 7.5%. Las orillas están formadas por material bastante consolidado y lahares antiguos (Hidalgo, 2004).

Alrededor del cauce existen matorrales y plantas pequeñas, en tanto que las dos orillas, el terreno se halla cubierto con pasto y escasos matorrales.

En las tablas No. 6.2 y 6.3 se resumen las características principales del paso subfluvial bajo el río Santa Clara.

**TABLA No. 6.2 TRAMOS DEL CRUCE SUBFLUVALBAJO EL RÍO SANTA CLARA  
(SISTEMA LA MICA – QUITO SUR)**

#	Inicio de tramo	Abscisa y cota proyecto	Longitud tubería m	Pendiente tubería	Accesorios
1	PI-112B Codo horizontal 23.8903 °	8+302.45 2804.27 m	26.21	-14.9745 ° i = -267.47 %	
2	POT-33 Codo vertical 10.74175 °	8+327.77 2797.50 m	64.00	-25.71625 ° i = -481.62 %	
3	Codo vertical 23.44927 °	8+385.43 2769.73 m	5.81	-39.59 ° i = -2.26595 %	
4	Codo vertical 34.96040°	8+391.24 2769.50 m	25.51	32.69342 ° i = 641.83 %	Válvula de drenaje principal Cámara de válvulas Pozo de revisión
5	Codo vertical 16.70793°	8+412.71 2783.28 m hasta 8+469.33 2799.50 m	58.90	15.98550 ° i = 286.47 %	

Fuente: Planos de construcción proyecto La Mica año 2001

**TABLA NO. 6.3 DATOS DE LA VÁLVULA DE DESAGÜE**

Identificación	VDP 2
Diámetro	-----
Capacidad	490 l/s
Marca / tipo	Polyjet
Ubicación	8+400.30 (2769.50 m)

Fuente: Planos de construcción proyecto La Mica año 2001



### **6.1.5 Cruce Subfluvial en el Río Pita-Sistema La Mica – Quito Sur**

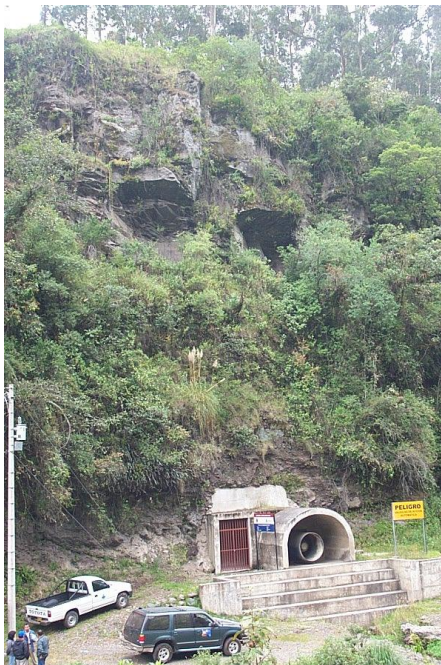
La conducción del sistema de abastecimiento de agua potable La Mica – Quito Sur atraviesa el río Pita mediante un paso subfluvial ubicado en el sector de Molinucu en las coordenadas 788792 m E y 9954112 m N y a una cota de 2.876 msnm, su ancho es de 6 m, los calados para flujos ordinarios son pequeños alcanzando apenas 50 cm en temporada seca según la información recopilada en las visitas de campo.

En el tramo de cruce el río es recto y discurre a través de un cañón de unos 30 m de ancho en el fondo y de aproximadamente 50 m de altura. Los taludes presentan gran pendiente pues son casi verticales y están cubiertas de vegetación típica del lugar. El talud derecho tiene una altura de 35 m, mientras que el del lado izquierdo tiene unos 25 m hasta el borde. El río se ubica en la mitad del encañonado, en una estrecha planicie cuya pendiente representativa del tramo es de 1.5%.

El camino que llega hasta la sección de cruce es de tierra y conduce hasta la salida de la válvula de desagüe de este paso subfluvial. En el lecho del río existe material aluvial y cantos de diferente tamaño.

El tramo de conducción considerado abarca una longitud de 106.12 m. El ramal descendente se ubica en la pared derecha del cañón; en lo alto de éste se ubica una válvula de aire. La tubería desciende casi verticalmente hasta el nivel del río, separada unos 10 m de la superficie, de acuerdo a lo recomendado en los estudios geológicos para este cruce. En el punto más bajo de este ramal se ubica la válvula de desagüe (VDP1) (788842 m E, 9954362 m N, 2876 msnm). A partir de la cual cambia de dirección hacia la izquierda para luego atravesar el río. El cruce de la tubería es perpendicular al cauce y el paso subfluvial se ubica a 5 m bajo el lecho del río. En este lugar hay otro cambio de dirección hacia la derecha y existe un pequeño tramo de 6 m de tubería descubierta. En la orilla izquierda y frente a la salida de la válvula de desagüe hay un muro natural de piedra que sirve para amortiguar el choque producido por el chorro de descarga de la válvula de desagüe y disipadora de energía.

Las fotografías No. 6.7 y 6.8, muestran las principales características del tramo y de la sección de cruce.



**Fotografía No. 6.7**

Cámara de desagüe



**Fotografía No. 6.8**

Margen izquierda del Paso subfluvial

La tubería del tramo de cruce es de Acero API 5LX-65, 1018 mm de diámetro interior, y 24.50 mm de espesor. La longitud total de la tubería en el tramo es de 169.37 m. En la tabla No. 6.4 y 6.5 se presenta una tabla en la cual se resumen las características geométricas de la tubería en el paso subfluvial.

**Tabla No. 6.4 DATOS DE LA VALVULA DE DESAGÜE**

Identificación	VDP 1
Diámetro	-----
Capacidad	850 l/s
Marca / tipo	Polyjet
Ubicación	6+883.70 (2861.00 m) terreno

**Fuente:** Planos de construcción proyecto La Mica, 2001

**Tabla No. 6.5 TRAMOS DEL CRUCE SUBFLUVIAL DEL SISTEMA LA MICA  
QUITO SUR BAJO EL RIO PITA**

#	Inicio de tramo	Abscisa y cota proyecto	Longitud tubería m	Pendiente tubería	Accesorios
1	Codo vertical 1.37238 °	6+860.85 (2864.90 m)	14.24	-6.29131° i = -110.25 %	Válvula de aire 16
2	Codo vertical 75.14855 °	6+875.00 (2864.25 m)	43.20	-76.43985° i = -4146.10 %	Válvula de drenaje principal
3	Codo comb. 77.52529 ° V 157.1139 ° H	6+855.13 (2859.46 m)	58.43	0.000° i = 0.000 %	Cámara de válvulas Pozo de revisión
4	Codo vertical 77.46779 °	6+943.56 (2818.50 m)	35.85	77.46779° i = 4498.71 %	
5	Codo comb. 51.42643 ° V 152.2236 ° H	6+951.34(2853.50 m) hasta 6+966.97 (2861.70 m)	17.65	27.68297° i = 524.63 %	

**Fuente:** Planos de construcción proyecto La Mica, 2001

### **6.1.6 Cruce subfluvial en el río San Pedro-Sistema Papallacta**

El tramo de conducción del sistema Papallacta que atraviesa el río San Pedro se ubica en el sector de Tumbaco, en las coordenadas 789188 m E y 9979197 m N, a una cota 2.208 msnm, para caudales ordinarios. El río San Pedro tiene un ancho de 13 m en la sección de cruce. El trazado del río se caracteriza por describir numerosos meandros tanto aguas arriba como aguas abajo de la sección de cruce. En la fotografía No. 12, se muestra las características morfológicas del tramo.



**Fotografía No. 6.9:** Características morfológicas del tramo analizado - Río San Pedro

Es importante señalar que aguas arriba del cruce el río describe un meandro muy pronunciado cuya margen derecha conforma un farallón vertical de gran altura, el cual va disminuyendo para dar paso a una franja de mediana pendiente por donde pasa la tubería. En la margen izquierda del meandro se observa un talud de poca inclinación, el mismo que va aumentando paulatinamente su elevación y luego se convierte en otro farallón de menor altura que el primero, a corta distancia de la alineación de la tubería.

Aguas abajo del cruce, a 120 m aproximadamente, se observa un banco de arena en el sitio donde el río comienza otro meandro. En el cauce principal del río se observa gran cantidad de material aluvial fino y cantos de tamaño variable. Junto al farallón derecho, aguas arriba de la sección de cruce, existe material de derrumbes recientes provocados por la sobresaturación de aguas freáticas que afloran abundantemente por la pared vertical. En las márgenes cercanas al río se observan depósitos pequeños de lahares antiguos.

La margen derecha del cruce se halla en propiedad privada, en el barrio Churolooma. La válvula de desagüe está ubicada aproximadamente a 80m de la orilla y a una altura aproximada de 20 m sobre el nivel del río. Por la margen izquierda existe también un camino de acceso desde la urbanización Pillahua, que está alejada de la margen del río. Se nota la presencia de árboles nativos, eucaliptos, matorrales y pastos ralos.

La longitud de la tubería considerada es de 681.71 m y se halla a 1.40 m bajo el lecho del río, estando 109.93 m de tubería protegida por un recubrimiento de hormigón. El tipo, diámetro y espesores de la tubería en el cruce se resumen en la siguiente tabla:

**TABLA No. 6.6**  
**CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA EN EL CRUCE BAJO EL RÍO SAN PEDRO**

Abscisa	Tipo, diámetro, espesor
Desde 40+571.29 hasta 40+650	API-5LS x 70 $\Phi$ 48", e = 11/16"
Desde 40+650 hasta 41+253	API-5LS x 70 $\Phi$ 48", e = 3/4"

La descripción de los tramos en el cruce, según los planos proporcionados por la EMAAP-Q, se presenta en las tablas 6.7 y 6.8

**Tabla No. 6.7 TRAMOS DEL CRUCE SUBFLUVIAL DEL SISTEMA PAPALLACTA**  
**BAJO EL RÍO SAN PEDRO**

#	Inicio de tramo	Abscisa y cota proyecto	Longitud Tubería m	Accesorios
1	PI-62JV Codo horiz.	40+571.29 (2330 m)		
2	PI-61JV Codo horiz. 24° 12'	40+749.67 (2246 m)		Válvula de drenaje 12"
3	PI-60JV Codo comb. 38° 46' 03" H	40+871.97 (2224.10 m)	46.23	

	16° 06' 53" V			
4	Codo vertical 22° 02' 40"	40+918.49 (2205.26 m)	64.64	Paso subfluvial
5	PI-59R Codo comb. 37° 58' H 29° 58' 36" V	40+987.61 (2205.26 m)	27.23	
6	PI-59JV Codo horiz. 45°	41+015.07 (2221.10 m)	47.50	
7	POT-2 Codo comb. 7° H 14° 41' 38" V	41+059.22 (2246.54 m)		
8	PI-56 Codo comb. 5° 37' H	41+231.68 (2234 m) hasta 41+253 (2270m)		Válvula de aire 2" Paso de hombre 24"

Fuente: Planos para construcción proyecto Papallacta, año 1989.

**Tabla No. 6.8 DATOS DE LA VÁLVULA DE DESAGÜE**

Identificación	VDP
Diámetro	12"
Capacidad	-----
Marca / tipo	-----
Ubicación	40+853.80 (2229 m)

Fuente: Planos para construcción proyecto Papallacta, año 1989.

## 6.2 OBRAS ADICIONALES

### 6.2.1 Cruce en el río Sambache – Proyecto Mica – Quito Sur

El tramo de conducción del sistema Mica Quito Sur que atraviesa el río Sambache se ubica en las coordenadas 786195 m E y 9956778 m N, a una cota 2711 msnm. El cauce principal tiene un ancho aproximado de 2 m en el fondo, la pendiente del río es de 15° aproximadamente y el nivel del agua de 25 cm. En el lecho se nota presencia de piedras de gran tamaño que no tienen relación alguna con lahares

anteriores. Las cuales podrían ser resultado de deslizamientos aledaños anteriores y/o del arrastre de material en una crecida extraordinaria acaecida décadas atrás.

De la observación de campo en el registro estratigráfico no se encuentran evidencias de caídas de ceniza importante y menos aún de flujos secundarios de consideración.

Los taludes del cauce son estables y bastante empinados ( $60^\circ$ ), se puede definir el valle como profundo pues se observa una considerable pendiente longitudinal en el cauce. En las laderas no se tiene huellas de deslizamientos activos o recientes y estas a la vez, cuentan con vegetación típica: kikuyo, chilca, carrizos, existiendo además en las estribaciones parcelas agrícolas. El área aledaña al cauce es destinada al pastoreo.

Entre las instalaciones se hallan la válvula de desagüe y cámara de disipación de energía residual, las mismas que están convenientemente ubicadas teniendo el mínimo grado de exposición. En la siguiente tabla se muestra la identificación de la válvula de desagüe.

**TABLA No. 6.9**  
**DATOS DE LA VÁLVULA DE DESAGÜE**

<b>Identificación</b>	<b>VDP</b>
Diámetro	12"
Marca / tipo	POLYJET
Ubicación	18+817 (2711 m)
Q <sub>máx</sub> (l/s)	700

**Fuente:** Información de campo.

**La fotografía No. 6.10, permite observar las características del cruce en el río Sambache.**





**Fotografía No. 6.10:** Vista general del cruce en el río Sambache (sistema La Mica).

### 6.2.2 Cruce en el río San Pedro – Proyecto Mica Quito Sur

El cauce principal tiene un ancho aproximado de 6m, con márgenes de suaves pendientes que se extienden en una llanura de verdor, se halla sin embargo protegido por un muro de gaviones colocado estratégicamente en las zonas expuestas a socavación natural. En el lecho se encuentran cantos rodados pues esta zona forma parte del tramo inferior del río.

Las márgenes del río San Pedro son estables y cuentan con cobertura vegetal propia de la zona, su pendiente es muy pequeña lo que mantiene aún más la estabilidad de la zona. La siguiente tabla muestra las características de la válvula que en este cruce se hallan.

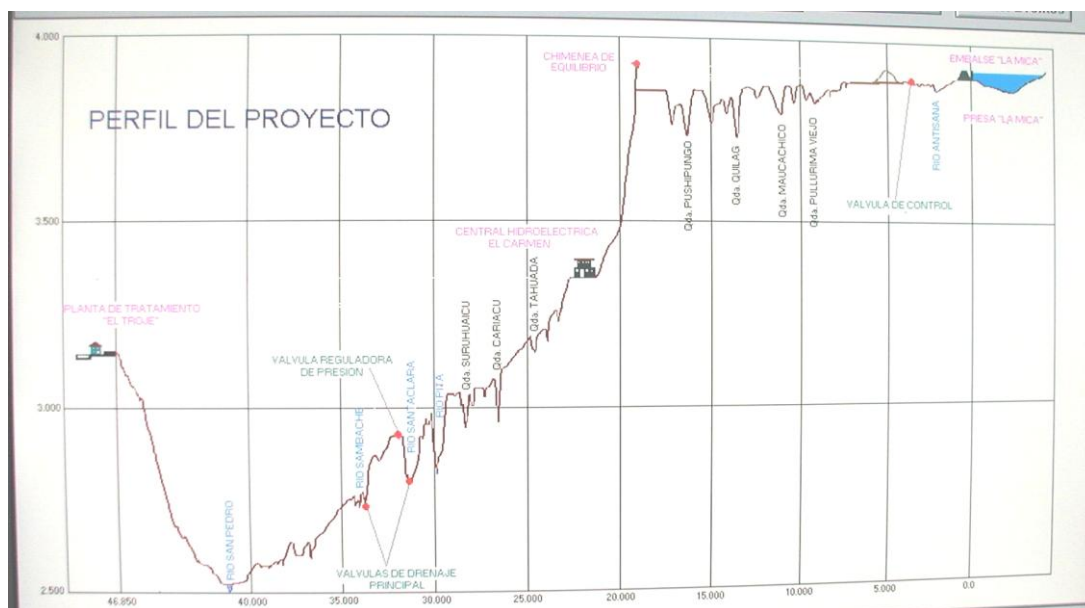
**TABLA No. 6.10**  
**DATOS DE LA VÁLVULA DE DESAGÜE**

Identificación	VDP
Diámetro	12"
Marca / tipo	POLYJET
Ubicación	18+223 (2544 m)
Q <sub>máx</sub> (l/s)	2000

**Fuente:** Información de campo.



Este es el último gran sifón que presenta la conducción del proyecto Mica - Quito Sur camino a la Planta de tratamiento de “El Troje”. La figura 6.2 muestra el corte longitudinal de la conducción Mica Quito-Sur y el Sitio de interés.



**Figura No. 6.2:** Esquema Sistema Mica - Quito Sur.

Fuente: Diseño operativo del Sistema Mica – Quito Sur.

En el campo no hay evidencia de caídas de ceniza o acumulación de lahares primarios. Sin embargo sus márgenes se caracterizan por ser zona de inundación, y es en ellas donde se evidencia el paso de lahares secundarios en eventos anteriores a 4000 años.

La válvula de desagüe y cámara de disipación de energía residual se ubican aledañas al cauce por lo que su exposición es mínima y se hallan en buen estado sin peligro de socavación. En la fotografía No. 6.11, se muestra una vista general de la sección de cruce en el río San Pedro.



**Fotografía No. 6.11:** Características Físicas del Cruce en el Río San Pedro.  
(Sistema La Mica).

### **6.2.3 Canal abierto de conducción - Proyecto Pita Tambo**

El canal del Proyecto Pita-Tambo esta diseñado y se extiende para una conducción abierta de 6413m, de sección transversal trapezoidal y expuesto al aire libre destina las aguas del río Pita que se origina en un 80 % de las vertientes del Sincholagua y un 20 % de las vertientes del Cotopaxi. Posee además 121 aliviaderos, 161 m de cinco puentes para circulación de agua y /o paso de vehículos, 166 m de 6 tramos de canales cerrados, entre los principales.

Provee de agua al reservorio de la Planta de Puengasí, el caudal permanece casi invariable independientemente de la pluviosidad presente. La siguiente fotografía permite visualizar la senda del canal y su ingreso a la planta de Tratamiento del sistema Puengasí.



**Fotografía No. 6.12: Vista General del Canal del Pita.**

#### **6.2.4 Campamento La Moca – Proyecto Mica Quito Sur**

El campamento “La Moca” se halla en la abscisa 18+223 km. del proyecto Mica Quito Sur (datos in situ), a una altura de 2918msnm, en las coordenadas 786976 m E y de 9955625 m N.

La infraestructura con la que cuenta este campamento son: una válvula de reducción de presión, cuarto de control, generador eléctrico, vivienda de guardianía, patio de maniobras, el sistema de control, encendido y apagado cuyo funcionamiento es automático. La fotografía No. 6.13, muestra la vista general del Campamento La Moca



**Fotografía No. 6.13:** Vista general Campamento La Moca (sistema La Mica)

El campamento no está expuesto al flujo de lahares pero, se halla en la zona expuesta a las caídas de ceniza, que podría alcanzar medidas de hasta 5 cm. Por ello se debe proporcionar a esta construcción e infraestructura la protección adecuada sobre todo para impedir interferencias en el servicio o fallas en el sistema eléctrico. Con énfasis en el panel de control o posibles problemas de acumulación en la parte externa de la válvula, dependiendo ello, claro está, de las condiciones aguas arriba que permitirán o no el tránsito del agua dada la magnitud del evento considerado.

**TABLA No. 6.11**  
**DATOS DE LA VÁLVULA DE DESAGÜE**

<b>Identificación</b>	<b>VDP</b>
Diámetro	12"
Capacidad	-----
Marca / tipo	-----
Ubicación	18+223.00 (2918 m)

**Fuente:** Planos para construcción proyecto Mica Quito - Sur, año 1989.

### **6.2.5 Central Hidroeléctrica El Carmen – Proyecto Mica Quito Sur**

En el marco del Proyecto Mica Quito Sur se considera la conducción superior que contempla la tubería desde el embalse La Mica hasta la Central Hidroeléctrica El Carmen. La misma que se halla situada en la zona sur este de la ciudad de Quito en las coordenadas 793525 mE, 9950068 mN a una altura de 3306 msnm. Sus instalaciones comprenden un área de 4350 m<sup>2</sup> aproximadamente.

Su objetivo es generar para el Sistema Nacional Interconectado una potencia de 9.5 MW de energía hidroeléctrica permitiendo a la vez, la conducción inferior que está comprendida desde la Central el Carmen hasta la Planta de tratamiento “El Troje” para suministrar agua a 580000 Hab del Sur de la ciudad comprendidos entre la Av. Morán Valverde hasta las localidades ubicadas en el límite cantonal.

La Central Hidroeléctrica “El Carmen”, la subestación de transformación a 138 KV y la Línea de Transmisión de energía eléctrica son parte del Proyecto Mica Quito Sur y por condiciones de ubicación y localización se hallan en la zona poco vulnerable a las caídas de ceniza.

La Central Hidroeléctrica entró en funcionamiento desde abril del 2000 y su horizonte de diseño es de 50 años por lo que su vida útil está apenas empezando.

Entre los elementos de la Central Hidroeléctrica se tiene: presa, aliviaderos, sala de máquinas, canal de derivación, turbinas (alabes), una chimenea de equilibrio, panel de control, compuertas planas de salida, componente de monitoreo e información, subestación eléctrica de 3 posiciones de 6.6/138 KV, etc.

La fotografía No. 6.14, muestra una vista general de la Central Hidroeléctrica El Carmen.



**Fotografía No. 6.14:** Vista de la Central Hidroeléctrica El Carmen. (Sistema La Mica)

### **6.2.6 Planta de Tratamiento “El Troje” – Proyecto Mica Quito Sur**

La planta de Tratamiento “El Troje” se halla en las coordenadas 775819 m E y 9963505 m N, a una altura de 3173 msnm. Su funcionamiento inició en octubre del 2000. Tiene una capacidad de tratamiento de 7300 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) divididos en dos etapas, una de las cuales está funcionando en la actualidad. Es en ella, donde se procesan 1700 l/s. de agua potable para el servicio de los habitantes de la zona Sur de Quito. En la figura siguiente se muestra la maqueta de la planta que se halla en operación.



**Figura No.6.3:** Instalaciones - Modulo 1 de la Planta de Tratamiento el Troje



En dicha planta se procesa el agua que llega desde la Central el Carmen en una línea de conducción de 47.50 km., esta planta, de tipo convencional, tiene dos módulos de tratamiento de 815 l/s cada uno. La distribución del agua tratada se ha dividido en dos líneas: la de la zona norte y la de la zona occidental.

Como es bien conocido una planta de Tratamiento tiene como misión la eliminación de tres tipos principales de sustancias indeseables en el agua destinada al consumo humano: Materia mineral, Materiales orgánicos (fenoles, hidrocarburos, detergentes, residuos de pesticidas, etc.), Contaminantes biológicos (microorganismos, bacterias, protozoos, virus, etc.). El tratamiento de las aguas se realiza mediante una serie de procesos interrelacionados, dependientes de las características del agua a tratar. La secuencia de procesos más usual es la siguiente: preoxidación, coagulación y floculación, decantación, filtrado sobre arena, neutralización y desinfección final que incluye procesos de filtración sobre carbón activo, ozonización, ablandamiento. Siendo importante destacar que los procesos en la planta son totalmente automatizados.

La Fotografía No. 6.15, muestra la vista general de la Planta de Tratamiento El Troje.



**Fotografía No. 6.15:** Planta de tratamiento "El Troje" (sistema La Mica)

Finalmente a partir de esta planta se cuenta con la primera fase de 11 tanques de almacenamiento de agua potable para el sector sur de la ciudad de Quito,

tuberías de transmisión y la estación de bombeo respectiva para el abastecimiento.

La línea de transmisión abastece a sectores como La Esperanza, San Marcelo, La Concordia, todas ellas comprendidas en la zona hidráulica conocida como Quito Sur y parte de la Zona de Lloa. La Planta de almacenamiento abastece a Chillogallo, Guamaní, El Tránsito, Turubamba entre los principales.

Esta planta cuenta ya con el sistema de operación en caso de una eventual erupción volcánica. Ya que considera, la implicación de las reacciones químicas ocurridas al combinarse el agua con la ceniza en el reservorio.

Es así como se ha definido, que para este caso, el reservorio quedará fuera de servicio y el agua a través de las compuertas pasará directamente a un canal cubierto que conduce directamente el líquido vital hacia el área de filtración y purificación, sin que este procedimiento afecte el rendimiento de la planta como tal.

#### **6.2.7 Planta de Tratamiento de Puengasí – Proyecto Pita Tambo**

La planta de Tratamiento de Puengasí es parte primordial del proyecto Pita-Tambo, se halla en 779026 m E, 9974010 m N a una cota de 2980 msnm, entró en funcionamiento en junio de 1977. El proyecto consta de 60 Km. de conducción y tiene una capacidad de tratamiento de 2.4 m<sup>3</sup>/s (diseño) en tanto que hoy en día se procesan es aproximadamente un 35% de la Capacidad total.

Cuenta con una reserva de agua cruda de 120000 m<sup>3</sup>, dos agitadores mecánicos, 8 clarificadores de manto de lodos tipo Infilco Degremont, el tanque de sedimentación, y 8 filtros dobles de aire y antracita. Se cuenta además con el departamento de cloración que en la actualidad tiene un desempeño manual/automático, según personal de operación de la planta.

Esta planta sirve a más de 20 tanques de almacenamiento y distribución, los mismos que abastecen al área del sistema hidráulico de Puengasí que incluye zonas como la Pío XII, Plywood, Unión popular, El Camal, Chiriyacu, Quito Sur, San Rita, entre los otros.



La fotografía No. 6.16, muestra la vista general de la Planta de Tratamiento de Puengasí.



**Fotografía No. 6.16:** Planta de Tratamiento de Puengasí

A partir de esta planta, se cuenta con los tanques de almacenamiento de agua potable para la zona mencionada de la ciudad, tuberías de transmisión y la estación de bombeo respectiva para el abastecimiento.

Es de vital importancia vigilar lo ocurrido aguas arriba de la Planta porque el canal de conducción es abierto y pese a tener las condiciones para facilitar la sedimentación de la ceniza, deberá analizarse y calificarse detenidamente la Calidad del Agua que esté llegando. Esto, si en el mejor de los casos, se logra proteger la obra de toma o ésta no se ve mayormente afectada por el fenómeno. La Tabla No. 6.12 muestra un resumen de la ubicación de los cruces y obras de infraestructura considerados:

Tabla No. 6.12 Características de los cruces.

ESTRUCTURA	PROYECTO	ELEMENTO	MATERIAL	DIAM. (mm)	LONG. (m)	ESPEJOR (mm)	ACCESORIOS	DIAMETRO (mm)	Ancho Total B (m)	Profundidad de la Tubería P (m)
CRUCE RÍO SAN PEDRO	PAPALLACTA	Paso Subfluvial	I: Acero API-5LSx70 D: Acero API-5LSx71	1219,2	259	17,46 y 19,05 11/16" y 3/4"	VD	304,8	13	1,4
CRUCE RÍO SAN PEDRO	LA MICA	Paso Subfluvial	-	1219,2	681,71		VD		10	-
CRUCE RÍO SAMBACHE	LA MICA	Paso Subfluvial	-	-	-	-	VD		0,5	-
CRUCE RÍO SANTA CLARA	LA MICA	Paso Subfluvial	Acero API5LX-65	1018	180		VD		3	-
CRUCE RÍO PITA	LA MICA	Paso Subfluvial	Acero API5LX-65	1018	170	24,5	VD		6	5
CRUCE RÍO SALTO	PITA	Paso Subfluvial	Acero ASTM-A283d	1219,2	121	9,525	NADA		2	1,2
INGRESO TUNEL	PITA	Paso Subfluvial	Hormigón	-	-	-	NADA		-	-
BOCATOMA RÍO PITA	PITA	estructura Hidráulica	Hormigón	-	-	-	NADA		-	-
CAMPAMENTO RIO PITA	PITA	estructura de Apoyo	Hormigón	-	-	-	NADA		-	-
CAMPAMENTO MOCA LA	PITA	estructura de Apoyo	Hormigón	-	-	-	PANEL DE CONTROL Y MONITOREO		-	-

## **CAPITULO 7**

### **PRESENTACIÓN DE RESULTADOS - VULNERABILIDAD FÍSICA DE LAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DE LA EMAAP-Q**

#### **7.1 DAÑOS E IMPACTOS ESPERADOS EN LOS COMPONENTES CRÍTICOS**

Con la identificación, caracterización y localización de los elementos críticos, el análisis de la dinámica del movimiento y su probable extensión se ha determinado el modo y los niveles de afectación de los elementos expuestos para así proceder a la cuantificación de las pérdidas o fallas que se puedan presentar en caso de ocurrencia del evento.

Una nueva erupción del Volcán Cotopaxi puede generar desastres en cadena cuyas consecuencias pueden ser mayores que los inherentes a la misma amenaza. Tal como se señala en los capítulos anteriores en una erupción volcánica también a de considerarse los efectos sísmicos, inundaciones y/o deslizamientos de nieve (tierra o fango producidos por calentamiento del terreno y vibraciones locales) cuyo escurrimiento al ser abundante y de alta capacidad rodante suficiente puede producir daños o incluso destrucción en las instalaciones enterradas tales como: pasos subfluviales, instalaciones anexas como cámaras y válvulas que pueden se aplastadas y/o desplazadas. Obras y edificaciones ubicadas sobre el nivel del suelo.

Es importante señalar que se puede producir contaminación en plantas de filtros o de tratamiento de agua potable por la caídas de ceniza volcánica sobre los tanques o depósitos de coagulación, decantación o de los filtros, contaminando el agua o inutilizando los filtros con la propia ceniza que puede arrastrar el agua e incluso obstrucción por la acumulación de material que se puede presentar en ciertos puntos y bajo condiciones especiales (morfología del sitio, falta de protección, etc.) como en el caso de los canales.

A continuación se señala la evaluación de daños e impactos en los siguientes puntos:

### **7.1.1 Bocatoma río Pita - Sistema Pita- Tambo**

En la bocatoma del Río Pita y el campamento aledaño se estima la pérdida total de la infraestructura dada la magnitud e intensidad del evento en estos tramos. De lo recopilado en el registro histórico se tiene que se presentará un caudal de 38500 m<sup>3</sup>/s, una velocidad media de 22 m/s y un calado mínimo de 25 m (Mothes, 2004 – Informe de Vulcanología-Fase1).

Siendo este punto, la estructura a partir de la cual se abastece de agua a una población de 580000 hab. en la ciudad de Quito y considerando los 33 años de servicio que lleva la estructura se puede aseverar que al acercarse el horizonte final de vida útil de esta obra, no tendría sentido alguno el tratar de protegerla o el modificar su ubicación dentro del mismo cauce. Sin embargo y a efectos de la presente evaluación se le asignado un valor de Vulnerabilidad de 100, lo que implica “altamente vulnerable” según lo cuantificado en la matriz de vulnerabilidad.

El valor de GV = 100 , implica Alta Vulnerabilidad al Impacto, presiones laterales y socavación, es decir está expuesta a la destrucción total, razón por la que el sistema suspenderá su funcionamiento normal y dependerá del tiempo en que la actividad volcánica cese para entonces analizar la calidad del agua, condiciones del cauce, variaciones morfológicas, etc. Luego de lo que se puede evaluar la posibilidad de reactivar la cuenca, reemprender un nuevo diseño y construcción.

La destrucción total de la bocatoma, tiene incidencia directa sobre el funcionamiento del Sifón El Salto que se encuentra aguas abajo y por ende del sistema Pita-Tambo que aporta con 200 l/s a la planta de Tratamiento de Puengasí, 2200 l/s a la planta de El Troje en Guamaní y 300 l/s a la planta de Conocoto, teniendo entonces, una gran afectación los sistemas ya mencionados (Datos proporcionados por el personal que opera dichos en dichos sitios, 2004).

### **7.1.2 Cruce río Salto - Sistema Pita-Tambo**

La conducción en el cruce en el río Salto, al encontrarse entre los drenajes principales y presentar la tubería y demás instalaciones una protección insuficiente para garantizar la seguridad de la infraestructura, se le ha asignado un grado de vulnerabilidad de 100. Valor que lo convierte en Altamente Vulnerable al Impacto, presiones laterales y socavación, razón por la que este tramo perderá completamente su operatividad y con ello, la mayoría de las instalaciones que en el se encuentran.

Por ello se sugiere, definir una nueva alternativa de abastecimiento para este sistema ya que si se continua bajo la misma concepción, únicamente se mal invertirán los recursos.

Al perderse la Bocatoma se perderá la posibilidad de transportar caudal alguno y por ello todo el sistema quedará inutilizado.

### **7.1.3 Cruce del Río Pita - Sistema Mica – Quito Sur**

Por otro lado, en el Cruce Pita – La Mica se tiene que por los procesos erosivos, de socavación, presión e impacto se tendría la pérdida de un tramo de conducción. Con tal efecto se espera la paralización del sistema Mica – Quito Sur afectándose a más de 580000 habitantes, requiriendo urgente la implementación de mecanismos de protección de dichas instalaciones.

Se le asignó una valoración de 90 dado el alto grado de exposición y la magnitud en efectos de socavación y presión que van a tener los lahares primarios en su tránsito por este sector.

#### **7.1.4 Cruce Río Santa Clara Sistema La Mica – Quito Sur**

Por otro lado en el Cruce del Río Santa Clara al hallarse encañonado se expone a los procesos de socavación, erosivos, presión e impacto que pueden ocasionar la pérdida de la tubería, de la casa de válvulas y el tanque de desagüe que se hallan junto al cauce. Esto implicaría la suspensión temporal del sistema La Mica – Quito Sur, afectándose a toda la población servida por este sistema, es decir a la población del Sur de Quito.

Por ello, la urgente implementación de mecanismos alternos que ayuden a mantener el servicio y eficiencia del sistema. Una de las alternativas planteadas es el realizar un paso aéreo de todo el cruce, la reubicación de la válvula y demás instalaciones a una cota sobre el estimado nivel del calado laharítico.

El grado de vulnerabilidad es de 86 calificado o determinado como de alto grado de exposición y sujeto a los efectos de socavación y presión que van a tener los lahares primarios en su transito por este sector.

#### **7.1.5 Cruce del Río San Pedro – Sistema Papallacta**

La ubicación subfluvial de la tubería junto con el tipo de material predominante en el tramo define un grado de vulnerabilidad considerable de la tubería de conducción del sistema frente al flujo de lahares.

Adicionalmente las profundidades de socavación experimentadas en otros flujos de lahares sobre lechos no cohesivos sugieren que las obras de mitigación deben ubicar a la conducción fuera de la zona de influencia directa de los lahares. (Lahares en el Tungurahua, 2007)

El GV asignado es de 52 dada su afectación en función de la ubicación y de las características propias de los terrenos vecinos y áreas contiguas. Un aspecto relevante en este punto es que el Sistema Papallacta abastece el Norte de Quito

así como también la zona Noreste de la ciudad exponiendo el servicio del sistema a una suspensión parcial o total para unos 520000 habitantes aproximadamente.

### 7.1.6 Estructura adicional en la zona de drenaje norte del Cotopaxi

La infraestructura adicional que podría resultar afectada, es toda aquella que se halla en la zona de drenaje norte del volcán y en sus inmediaciones; entre las cuales están:

**Tabla No.7.1: Infraestructura Adicional y daños considerados.**

Obra	Proyecto	Daño o Alteración	GV Asignado	Observaciones
Canal abierto	Sistema Pita Tamboyacu	Alteración en la calidad del agua por la caídas de ceniza	13	Mínima probabilidad de afectación, se requiere definir medidas pertinentes para facilitar la sedimentación de la ceniza.
Campamento "La Moca"	Mica – Quito Sur	Mínima acumulación de ceniza	19	Mínima probabilidad de afectación, plan de medidas de mitigación.
Central hidroeléctrica "El Carmen"	Mica – Quito Sur	Mínima acumulación de ceniza	8	mínima probabilidad de afectación , necesaria la protección y aplicación de las medidas de mitigación correspondientes
Planta de Tratamiento "El Troje"	Mica – Quito Sur	Mínima acumulación de ceniza	10	Capacitar e incentivar un simulacro para las medidas ya consideradas.
Planta de Tratamiento "Puengasi"	Pita - Tambo	Mínima acumulación de ceniza	10	implica exposición baja y por tanto mínima probabilidad de afectación, necesaria la protección, simulacro e implementación de medidas de mitigación correspondientes
Planta de Tratamiento "Conocoto"	Pita - Tambo	Mínima acumulación de ceniza	10	Implementación y capacitación del personal para manipular y disponer medidas de protección al agua de la reserva.

Fuente: Información basada en la Matriz de Vulnerabilidad, EPN, 2004

Es importante anotar que cada una de estas estructuras se halla en la zona en que existe una mínima probabilidad de afectación. Dependiendo la caída de cenizas de las condiciones de dirección del viento y tipo de erupción (muy explosiva).

La calificación, entonces, se sujeta a los elementos de juicio expuestos y como tal constituye una herramienta eficaz para el desarrollo de las siguientes fases del proyecto y por ende en la toma de decisiones de las autoridades encargadas de la gestión, planificación y ejecución de obras.

La Tabla No. 7.2, expone un resumen de cada uno de los componentes susceptibles a los lahares primarios y secundarios, caídas de ceniza visualizando en ella el GV asignado a los sitios de importancia.

**ASPECTOS OPERATIVOS Y FISICOS  
SISTEMAS DE AGUA POTABLE**

ESTRUCTURA	PROYECTO	LONGITUD	LATITUD	COTA	INSTALACIONES	VULNERABILIDAD RESULTANTE
CRUCE RÍO SAN PEDRO	PAPALLACTA	789188	9979197	2208	Cámara de Válvulas	52
CRUCE RÍO SANTA CLARA	LA MICA	787768	9955070	2804	Cámara de Válvulas Pozo de Revisión	86
CRUCE RÍO PITA	LA MICA	788792	9954112	2826	Cámara de Válvulas Pozo de Revisión	90
CRUCE RÍO SALTO	PITA	785270	9946290	3256	Cámara de Válvulas Pozo de Revisión Desague	100
INGRESO TUNEL	PITA	785431	9945554	3337	Compuerta Desripiador	100
BOCATOMA RÍO PITA	PITA	785655	9945730,3	3337	Rejilla de fondo Desripiador Desarenador	100
CAMPAMENTO RIO PITA	PITA	785463	9945438	3363	Habitaciones e instalaciones de servicio básicas	100
CRUCE RÍO SAN PEDRO	LA MICA	780684	9960080	2553	Cámara de Válvulas Pozo de Revisión	47
CRUCE RÍO SAMBACHE	LA MICA	786495	9956778	2820	Cámara de Válvulas Pozo de Revisión	67
CAMPAMENTO LA MOCA	PITA	786976	9955625	2960	Válvulas expuestas Panel de control Generador	19
CANAL ABIERTO	PITA TAMBO	-	-	-	Se extiende en conducción abierta	13
Central hidroeléctrica EL CARMEN	LA MICA	793525	9950068	3336	Línea de Transmisión al sistema Nacional Interconectado.	8
Planta de Tratamiento EL TROJE	LA MICA	776071	9963656	3193	Torre de transmisión de señales Reservorio y demás secciones de	10
Planta de Tratamiento PUENGASÍ	LA MICA	779026	9974010	3026	Reservorio y demás secciones de operación	10
Planta de Tratamiento CONOCOTO	LA MICA	779026*	9974010*	3026*	Reservorio y demás secciones de operación	10

\* Son datos referidos a la Planta de Tratamiento de Puengasi.

**Tabla No. 7.2** Matriz Componentes – Grados de Vulnerabilidad Asignados.

Al evaluar la Vulnerabilidad, GV de los puntos críticos se busca prevenir acontecimientos como los reportados por los eventos eruptivos del Volcán Tungurahua ocurridos tanto en el año 2006 como en el 2007.

Al tener una breve revisión de lo acontecido por eventos similares en los últimos años, se pueden considerar reflexiones como la siguiente:

*Los poblados más afectados por la erupción del volcán Tungurahua son Anabe, Bilbao, Manzano, Paligtahua, Punllupala, Yuibug, Choglantus, en Chimborazo; y*



*Juive, en Tungurahua. Además, el fenómeno natural dejó 13 heridos, unos 6 500 afectados, de los cuales 3 200 debieron huir de sus casas, 25 mil hectáreas de cultivos destruidas y 850 reses muertas, según reportes de las autoridades*

Las reservas de agua potable de Quero y Guano están contaminadas. El abastecimiento de agua potable a 2 600 personas del cantón Quero (Tunguragua) está en peligro. Desde el pasado miércoles, cuando se produjo la



erupción del volcán Tungurahua, los ríos están contaminados con ceniza y flujos piroclásticos.

Con ello, el suministro de agua, que ya era insuficiente en la zona, se redujo de 4 litros por segundo a tan sólo 1 litro por segundo. “Pero esto lo utilizamos para lavar la ropa, no para beber, porque hace daño”, comenta Teresa Villalva, una pobladora del sector.

Su familia, de 10 miembros, requiere de al menos 20 litros diarios solo para consumo; sin embargo, desde hace cinco días reciben apenas unos cuantos litros por semana.

Al momento, apenas dos tanqueros, uno del Municipio y otro de la Fuerza Aérea, entregan el agua, dos veces por semana. Pero estos esfuerzos no son suficientes y la situación es alarmante, según Rodrigo Morales, coordinador de Emergencia de Quero. Considera que, por tratarse de una población que no tuvo que evacuar, el Gobierno no ha enviado ayuda.

La Alcaldía informó que no dispone de recursos para iniciar trabajos de limpieza. La coordinadora de Médicos Sin Fronteras en el Ecuador, Inmaculada Martínez, asegura que “es imposible abastecer a una población de casi 3 000 habitantes con agua de tanqueros o botellones. Ya hemos detectado un gran número de diarreas”. ...

La situación en las comunidades es mucho más grave; muchas de ellas se hallan en sectores de difícil acceso para los tanqueros y deben consumir el agua del río Quero, que está contaminada con ceniza.

En cuanto a Chimborazo, la regional de agua potable Chazo-Santa Fé de Galán, que sirve a 10 comunidades y dos parroquias de Guano, está también contaminada. Ahí viven aproximadamente unas 9 000 personas que por ahora tienen que procurar filtrar el agua.

Ulbio Buenaño, presidente de esa regional de agua, señaló que la situación es preocupante y que necesitan ayuda emergente.

El sistema Chazo-Santa Fe de Galán tiene sus fuentes en el Nudo de Igualata, sector que está inundado de ceniza. Mediante un canal abierto se traslada el agua a los tanques reservorios que también tienen ceniza, dando al agua una tonalidad gris.

El alcalde de Guano, Oswaldo Estrada, dijo que se necesitan \$700 mil para proteger todas las fuentes de agua, "con ese dinero podremos transformar los sistemas de agua entubada en agua potable". Otros sistemas que están siendo afectados son Leonidas Proaño, Chocavi Central, Chocavi Chico, Pulug, Pichan Central, San Carlos y La Esperanza, todos ubicados en la parte alta del Nudo de Igualata. (JP-MO).

En el reporte realizado por [ecuadorinmediato.com](http://ecuadorinmediato.com), se mencionan daños tan serios como:

Autoridades están preocupadas por la presencia de lluvias, que provocarían el arrastre de lahares afectando nuevamente la vía. (EF)

"La vía principal es irrecuperable, se perdió para siempre y a futuro se tendrá que pensar en diseñar un nuevo camino", agregó Ayllón.

En cuanto a la vía Baños-Ambato, desde el sábado se abrió el tramo La Pampa-Los Pájaros. Una minga interinstitucional ayudó a agilizar la construcción de una

variante temporal para romper el aislamiento que afectaba a la parte oriental de Tungurahua como a las provincias del centro de la Amazonía.

## 7.2 DAÑOS E IMPACTOS ESPERADOS EN LA ESTRUCTURA ADICIONAL



**Fotografía No. 7.1 Vista general de la Central Hidroeléctrica “Los Chillos”.**

Los daños e impactos en las redes de distribución, en estaciones y subestaciones de distribución han sido identificados de acuerdo a la experiencia de eventos similares ocurridos y/o que podrían generarse.

Los daños e impactos esperados, el costo de reposición, el tiempo de rehabilitación de la operatividad y la incidencia en el servicio del componente afectado se presentan en la Tabla No. 7.3.

**Tabla No. 7.3 Evaluación de Recuperación en caso de Afectación de un componente de la infraestructura.**

Tipo de infraestructura	Tiempo previsto de reposición	Incidencia en el servicio
Central Térmica	Más de 8 meses, cuando el daño es considerable	Afecta toda el área de servicio y si esta interconectado puede haber racionamiento de energía
Central Hidroeléctrica	Más de 8 meses, cuando el daño es considerable.	Afecta toda el área de servicio y si esta interconectado puede haber racionamiento de energía
Estación	Más de 6 meses	Afecta toda el área
Subestación	Más de 3 meses	Puede transferirse el servicio provisional
Generador	Depende del tiempo	Afecta la instalación local y

	de entrega	el área de servicio que esta tenga.
Turbina	Otros factores	Afecta la instalación local y el área de servicio que esta tenga.
Torres de Transmisión	8-15 días	Las conexiones aledañas y de servicio de la zona
Postes de 15 m.	2 días	Las conexiones aledañas y de servicio del mismo.
Postes de 11 m	1 día	Las conexiones aledañas y de servicio del mismo.
Postes de 6 m	½ a 1 día	Las conexiones aledañas y de servicio del mismo.
Cableado	Depende de la Longitud perdida. Colocación entre postes hasta 2 horas.	Las conexiones aledañas y de servicio del mismo.

**Fuente: Dpto. de Operación y Mantenimiento EEQ, 2004**

Las estimaciones expuestas son un resumen de los datos proporcionados por los técnicos de la E.E.Q. y corresponden a reparaciones realizadas en períodos normales, sin que se haya previsto.

**Tabla No. 7.4 Evaluación de Recuperación en caso de Afectación de un componente de la infraestructura.**

<b>Obra</b>	<b>Infraestructura eléctrica afectada</b>	<b>Incidencia en el servicio</b>	<b>Tiempo de Recuperación</b>	<b>Observaciones</b>
Bocatoma del Río Pita	6 postes de media tensión 2 postes de alta Tensión Tendido eléctrico	Paralización en la operatividad del sistema	Estimado Tabla 7.3	Depende de la duración del evento y de la accesibilidad al sitio.
Campamento Bocatoma-Pita	4 postes de baja tensión 1 Torre (15m de altura) Tendido eléctrico	No es relevante, a pesar de que la perdida sería total y habría suspensión de la transmisión de señales.	Estimado Tabla 7.3	Depende de la duración del evento y de la accesibilidad al sitio.
Cruce del río Salto	2 postes de media tensión	No es relevante.	Estimado Tabla 7.3	Depende de la duración del evento y de la accesibilidad al sitio.
Cruce del río Pita	Torre de transmisión, postes de baja tensión y cableado eléctrico.	La suspensión temporal o definitiva por pérdida de infraestructura total.	Estimado Tabla 7.3	Depende de la duración del evento y de la accesibilidad al sitio.

Central Hidroeléctrica Los Chillos	Torres de transmisión Cuarto y panel de operación	Suspensión del servicio definitiva a toda la zona abastecida.	Estimado Tabla 7.3	Depende de la duración del evento y de la accesibilidad al sitio.
Cruce del río San Pedro (Pillahua)	No existen postes ni tendido de red eléctrico en lo que podría ser zona de inundación	No tiene mayor relevancia	Estimado Tabla 7.3	
Central hidroeléctrica El Carmen	Toda la instalación está expuesta a las caídas de ceniza.	Acumulación ligera de ceniza lo que podría generar pequeños inconvenientes	Estimado Tabla 7.3	Se debe aplicar las medidas de mitigación correspondientes.

**Fuente: Dpto. de Operación y Mantenimiento EEQ, 2004 / Información Visita de Campo.**

La Tabla 7.4 permite visualizar la exposición de las instalaciones eléctricas en cada uno de los puntos de interés del proyecto sin embargo estos deben ajustarse a lo determinado por el mapa de amenazas determinado en el estudio base de esta aplicación.

Los resultados e interpretación se hallan expuestos en la matriz de evaluación cualitativa de la vulnerabilidad, adjunta en el Anexo 1 del presente estudio.

### 7.2.1 Telefonía

La evaluación corresponde a la zona expuesta a la acción del lahares y caídas de ceniza, dentro de lo concerniente a la zona de drenaje norte del volcán Cotopaxi que en el marco de este estudio se tiene.

#### a) Características de la amenaza

La caracterización de los lahares, flujo de lodos y escombros así como también los efectos asociados a las caídas de ceniza, se exponen en el acápite principal; en tal virtud se considera lo anotado y la valoración expuesta en los siguientes puntos.

#### b) Identificación de los componentes del sistema

Se presentan los componentes y sus elementos más significativos, así como los daños pasados y una estimación de su estado actual. En cuanto al detalle de las instalaciones se ha determinado calificarlas con un componente global cuya vulnerabilidad será evaluada en similares condiciones que las del tendido eléctrico y que tomará mayor atención a lo existente en los sitios de interés.

La identificación de la red de distribución y de las estaciones se la realiza en la zona determinada como de alta amenaza, en particular para los siguientes sitios: Boca Toma del Río Pita, Campamento Bocatoma-Pita, Cruce del río Salto, Cruce del río Sambache, Cruce del río Pita, Cruce del río San Pedro (Pillahua).

#### c) Daños e impactos esperados

Los daños e impactos esperados conjuntamente con el costo de reposición, el tiempo de rehabilitación de la operatividad y el valor actual del componente se presentan en la tabla 7.4, la misma que se ha tomado como referente dado que la empresa no tiene estimados los tiempos de reposición dado que el cableado telefónico utiliza la mayoría de ocasiones la misma estación eléctrica esto es postes de media y baja tensión, cámaras subterráneas, entre las principales.

Como ya se señaló, la estimación de los daños e impactos en las redes de distribución y servicio telefónico esta basado en reparaciones realizadas en períodos normales y sin alteraciones de gran magnitud. Observaciones que se exponen en la Tabla de evaluación de GV.

**Tabla 7.5. Impacto sobre el Servicio Telefónico en los sitios de interés.**

<b>Infraestructura de EMAAP-Q (Referencia)</b>	<b>Proyecto</b>	<b>% del Servicio Telefónico Afectado</b>	<b>Tiempo establecido para recuperación</b>
Boca Toma del Río Pita	Pita - Tambo	ninguno	-
Cruce del río Salto	La Mica – Quito Sur	ninguno	-

Cruce del río Sambache	La Mica – Quito Sur	ninguno	-
Cruce del río San Pedro (Pillahua)	Papallacta	ninguno	-
Campamento Bocatoma-Pita	Pita - Tambo	Local ( se afecta la red de transmisión de señales)	Depende de la magnitud del evento / acceso al sitio
Campamento la Moca	La Mica – Quito Sur	Local (mínimo)	24 horas si existe afectación en el tendido.
Central Hidroeléctrica El Carmen	La Mica – Quito Sur	Local (mínimo)	24 horas si existe afectación en el tendido.

Los resultados e interpretación se hallan expuestos en la matriz de evaluación cuantitativa de la vulnerabilidad, adjunta en el Anexo 1 del presente estudio.

Es importante señalar que, al utilizar la red telefónica infraestructura de la empresa eléctrica Quito tanto aérea como subterránea está se vería afectada en similares condiciones y proporciones que la infraestructura de EEQ.

### 7.2.2 Red Vial

Para determinar el índice de vulnerabilidad de la red vial, el primer paso es agregar los datos de la cobertura de red vial y carreteras según la información existente en cartografía y correspondiente a los cantones Quito y Rumiñahui, determinando en cada uno de ellos las características e identificadores correspondientes.

El segundo paso es definir la clase de carreteras existentes y con ello contabilizar el total de carreteras para cada clase de carretera y presentar los resultados obtenidos en una tabla.

La tercera etapa es reclasificar las carreteras de acuerdo a la ubicación y condición ante la amenaza. Entonces se crean dos capas o temas en mapas, uno



para inundación (que incluye solamente las carreteras con amenaza de inundación directa) y otro para cualquier otro tipo de afectación (que incluye por la naturaleza del evento, todas aquellas que en la zona de estudio se hallan).

La cuarta etapa es calcular las estadísticas de carreteras bajo amenaza en la zona de estudio. Para cada clase de carretera se señalará el total de carreteras con amenaza de inundación y de afectación. Esto es realizado seleccionando las carreteras bajo amenaza y la consideración de código según el tipo, ubicación y condición.

La quinta etapa es la ponderación de resultados. Las cifras obtenidas son convertidas a porcentajes del total de longitud de carreteras en cada clasificación. Al asignar mayor importancia a las carreteras principales y asignando la ponderación correspondiente se tendrá: un valor de 4 para la clase de carretera 1, 3 para la clase 2, 2 para la clase 3 y 1 para la clase 4. Estos porcentajes modificados son sumados y el resultado dividido por 10 para tener valores manejables y entendidos dentro de los valores asumidos en la matriz de valoración.

Entonces, la evaluación corresponde a la zona expuesta a la acción de lahares y caídas de ceniza, dentro de lo que se entiende como la zona de drenaje norte del volcán Cotopaxi que en el marco de este estudio se tiene.

#### a) Características de la amenaza

La caracterización de los lahares, flujo de lodos y escombros como las caídas de ceniza se exponen en el acápite principal. En tal virtud, se considera lo anotado y la valoración expuesta en los siguientes puntos.

#### b) Identificación de los componentes del sistema

Se presentan los componentes y sus elementos más significativos, así como los daños pasados y una estimación de su estado actual. En cuanto a las vías

principales, secundarias, caminos de acceso y demás ubicados en la zona de estudio. Comprendiendo entre ellos, los señalados en la Tabla 7.6:

**Tabla No. 7.6 Impacto sobre las Vías en la Zona de Peligro**

Vía	Nombre	Referencia Sector	Afectación (aproximada)	Tramos
Principal	Autopista General Rumiñahui	Armenia Sangolquí	6.5 km.	Varios
	Av. Ilaló	Triángulo	1.8 km.	Vía al Tingo
	Av. De los Arupos	Triángulo	0.7 km.	Vía San Rafael
	Av. Gral. Enríquez	San Rafael Sangolquí	6.5 km.	Vía Sangolquí
Carretero Lastrado	Vía al Campamento Pita	Bocatoma del Pita	6.5 km	El Salto – confluencia con el Río Pita La Caldera Rumipamba
	Vía a Patichubamba	Molinucu Patichubamba	5.0 km.	Varios
Camino o sendero peatonal o semi-carrozable	Vías alternas de acceso.	Río Santa Clara Río Pita	9.2 km	Los vecinos a los cauces directos de los lahares.
Otros (según acceso)	s/n	En toda la zona de influencia directa	5.0 km.	Los existentes en el área de influencia directa.

\*\* Las distancias se han considerado de la aproximación existente en el mapa 1:50000 de amenaza, datos de cartografía y observaciones de campo.

En el presente estudio, las vías y carreteras se las ha considerado en función de las características propias como son: estado o condición, límites de velocidad entre los principales, es así como la Tabla 7.7 muestra dicha clasificación:

**Tabla No. 7.7: Clasificación de las vías**

Nombre	Condición de Clasificación / características
Según las condiciones del entorno urbanístico:	
Tramos urbanos (A)	Son los que discurren en su totalidad por suelo clasificado de urbano determinado por el instrumento de planeamiento urbanístico.  Se puede considerar las autopistas, avenidas, calles y pasajes dentro del límite urbano.
Tramos interurbanos (B)	Son los no incluidos en el límite urbano, las calles y carreteras consideradas como principales, de acceso a comunidades.
Según el grado de acceso	
Sin acceso a propiedades colindantes  (C)	El acceso desde el exterior se realiza exclusivamente a través de enlaces o, mediante entradas y salidas directas a otras carreteras. No considera accesos a propiedades colindantes
Con acceso limitado a propiedades colindantes  (D)	Además de los accesos a través de los enlaces o mediante entradas y salidas directas a otras carreteras, se pueden establecer otros a través de vías de servicio con entradas o salidas específicas.
Según las condiciones orográficas	
TIPO DE RELIEVE	MÁXIMA INCLINACIÓN $i$ (%)
Llano	$i \leq 5$
Ondulado	$5 < i \leq 15$
Accidentado	$15 < i \leq 25$
Muy accidentado	$25 < i$

La identificación de cada una de las vías presentes en la zona ha permitido estimar el grado de exposición que tendría cada grupo o línea asociada o contigua a los sitios de interés en el estudio.

**Tabla No. 7.8 : Grado de exposición de las vías**

<b>Orden / Grupo</b>	<b>Ancho de Vía</b>	<b>Observaciones</b>
A	22 - 30 m.	Existe poca Exposición sin embargo puede presentarse acumulaciones menores de material.
B	6 a 12 m.	Existe media Exposición sin embargo puede presentarse acumulaciones de material y desgaste físico de las superficies.
C	4 a 8 m.	Serán afectadas las vecinas a los cauces y las que se encuentran en la zona de incidencia directa de lahares.
D	Menor a 4 m.	Serán afectadas las vecinas a los cauces y las que se encuentran en la zona de incidencia directa de lahares.

c) Daños e impactos esperados

Los daños e impactos esperados conjuntamente con el costo de reposición, el tiempo de rehabilitación de la operatividad y el valor actual del componente se presentan en la tabla No. 7.9

**Tabla No. 7.9 Evaluación de Recuperación en caso de Afección de un componente de la infraestructura.**

<b>Tipo de infraestructura</b>	<b>Tiempo previsto de reposición</b>	<b>Incidencia en el servicio</b>
A	Más de 2 meses, cuando el daño es considerable	Afecta toda el área de servicio y si esta interconectado puede haber racionamiento de energía
B	Más de 1 mes	Afecta toda el área cercana
C	Más de 2 semanas	Puede transferirse el servicio provisional
D	Depende del tipo de afectación	Afecta la instalación local y el área de servicio que esta tenga.

**Fuente: Dpto. de Operación y Mantenimiento de vías.**

## **CAPÍTULO 8**

### **REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD FRENTE A DESASTRES NATURALES Y SOCIO-NATURALES**

Algunas sociedades son conscientes de que el crecimiento aumenta su vulnerabilidad y sus riesgos, de modo que acompañan sus políticas de desarrollo económico, social o territorial con estrategias y acciones para la reducción de riesgos de desastre. Por tanto, es imperante, la responsabilidad de un gobierno y de una nación la capacidad de respuesta frente a los desastres naturales y socio-naturales.

La creciente degradación ambiental ha traído consigo un aumento en la vulnerabilidad no solo de los sistemas de agua y saneamiento sino del entorno físico en general. Tanto a nivel local (la deforestación de una ladera que genera un aumento en la ocurrencia de deslizamientos) como global (el cambio climático origina que las inundaciones, huracanes y sequías sean cada vez más frecuentes y severos), la degradación ambiental incrementa la vulnerabilidad de los sistemas de agua y saneamiento que se ven expuestos a un número de amenazas cada vez mayor.

Los servicios de agua y saneamiento son considerados, elementos críticos para proteger la salud pública. La interrupción de los servicios tiene efectos adversos sobre el bienestar, calidad de vida y desarrollo de las poblaciones afectadas, e incluso aquellas que no lo han sido directamente. Asimismo, muchas de las industrias requieren del suministro continuo de agua para su funcionamiento y la producción de bienes y servicios.

En vista de que el riesgo de desastre causa problemas sociales y económicos, que a su vez se agravan por el crecimiento desigual, excluyente o empobrecedor, va generando un problema de desarrollo de las poblaciones.

- El crecimiento indiscriminado y/o desordenado de las poblaciones en las ciudades aumenta su vulnerabilidad a desastres naturales y socio-naturales.
- El aumento de los daños por desastres naturales en Latinoamérica y el Caribe se debe a una degradación ambiental severa experimentada en los últimos 50 años, lo que en efecto ha hecho más vulnerables los ecosistemas de la región.
- La creciente ocupación de tierras generalmente hace que éstas sean más propensas a la erosión, la degradación y la desertificación, especialmente cuando no existen políticas de acceso a la propiedad y a los recursos productivos para los pequeños productores campesinos.
- El uso de energéticos implica riesgos crecientes de desastre por agotamiento de fuentes y por mal manejo y/o administración.
- Los desbalances comerciales y financieros internacionales han forzado a muchos países en vías de desarrollo a extraer más recursos naturales y a venderlos más rápido para poder competir en el mercado internacional, pagar su deuda externa o compensar los shocks externos.
- Dado que por la pobreza, las personas viven en zonas expuestas a desastres, las estrategias de prevención de desastres deben integrarse a las políticas generales de desarrollo.

La reducción del riesgo es un indicador de la sostenibilidad de los servicios de agua y saneamiento. El trabajo que se realice para reducir las vulnerabilidades y reforzar los sistemas se traducirá en su capacidad para mantenerse operativos en situaciones de emergencia o desastre, así como recuperarse con índices de vulnerabilidad iguales o menores a los que existían.

La reducción de las vulnerabilidades supone un trabajo multidisciplinario y en red con otros actores en la gestión del riesgo, como ministerios públicos (en particular

aquellos con responsabilidades en obras y servicios públicos, planificación y ordenamiento territorial, salud, educación y finanzas, entre otros), agencias de manejo de desastres, ONG's, sector privado, y sector académico (universidades, asociaciones de profesionales, centros de investigación), para coadyuvar al desarrollo e intercambio del conocimiento en materia de protección de sistemas de agua y saneamiento contra amenazas naturales.

En este proceso es necesario el aporte e involucramiento de la comunidad académica (universidades, centros de investigación, colegios profesionales y agencias de cooperación técnica) en un trabajo concertado con las instituciones del sector. Hoy en día todas las instancias nacionales están siendo promovidas en todos los países como parte de la implementación del Marco de Hyogo, de modo que todos trabajemos para la reducción de desastres, logrando proporcionar una oportunidad y un mecanismo concreto para la coordinación multisectorial de estos esfuerzos.

Considerando que la ocurrencia de uno o más fenómenos es un riesgo que amenaza dicha la sostenibilidad del sistema analizado, la gestión del riesgo se constituye en un aporte concreto hacia la búsqueda y cumplimiento del mismo objetivo; lograr la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento en las zonas altamente expuestas o de mayor vulnerabilidad.

La gestión local del riesgo debe involucrar a la propia comunidad y recoger su conocimiento sobre las principales amenazas naturales, los lugares con mayor riesgo y la magnitud en la que éstos se han presentado, y combinarlos con las opciones tecnológicas disponibles, de manera que los componentes se ubiquen en las zonas de menor riesgo o se incluyan medidas de prevención cuando sean necesarias.

Tanto los técnicos como la tecnología deben responder a los retos que estos escenarios de riesgo plantean y en los cuales las opciones tecnológicas convencionales no son aplicables en todos los casos.

El mejor momento para reducir la vulnerabilidad de los sistemas es durante la planeación y ejecución de los trabajos de reconstrucción y rehabilitación cuando resultan afectados, puesto que estos daños hacen evidentes las vulnerabilidades de cada uno de los componentes (lo que en situaciones normales demanda realizar estudios y la opinión de expertos, lo cual se asocia con un costo generalmente alto). Los recursos que se puedan movilizar para tales obras deben incluir aquellas adecuaciones que sean necesarias para las labores de prevención.

Es más fácil y económico incorporar medidas de protección contra el impacto de los desastres durante la instalación de sistemas nuevos que en los sistemas en funcionamiento, debido a que en los primeros no se necesita interrumpir el suministro durante la ejecución de las obras, y en los segundos, existen limitaciones técnicas y logísticas para el acceso a los componentes instalados bajo tierra o en zonas de difícil acceso. Sin embargo, esto no significa que la protección de los sistemas existentes no sea una tarea deseable y factible de llevar a cabo; por el contrario, debe darse la importancia debida, en especial en aquellas zonas donde la ocurrencia de fenómenos naturales es un hecho latente y recurrente, tal como sucede con los cruces de los sistemas sujetos de este estudio.

La disponibilidad de agua segura y con condiciones mínimas de saneamiento son fundamentales para proteger la salud de las personas, en especial en emergencias. Por ello, en enero del 2005, en Kobe-Japón, 168 gobiernos se comprometieron a tomar acciones para reducir el riesgo de desastres. En esta reunión adoptaron un plan para 10 años, llamado Marco de Acción de Hyogo, con el objetivo de reducir las vulnerabilidades a las amenazas naturales. La inclusión de criterios de reducción de la vulnerabilidad frente al impacto de amenazas naturales en el sector de agua y saneamiento es una actividad prioritaria para avanzar en los objetivos de este plan global. Es más, los servicios de agua y saneamiento ameritan ser considerados como infraestructura crítica, y por ende, como una prioridad para los esfuerzos de reducción del riesgo de desastres, como ya lo son las escuelas y los hospitales. El saldo en pérdidas humanas,



económicas y ambientales que ha dejado la secuela de desastres en el 2005, no hace sino reforzar el concepto que la reducción de desastres debe ser una parte integral del desarrollo sostenible, y por ende factor clave para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio. El sector de agua y saneamiento no puede estar ajeno a este desafío.

Entonces, el reto para los actores del sector de agua y saneamiento, tanto como atender a la emergencia debe ser recuperar la operatividad de los sistemas afectados por el desastre y reducir su vulnerabilidad.

Los nuevos escenarios en los cuales se instalan los sistemas de agua y saneamiento han aumentado su vulnerabilidad. A continuación se señalan algunas de las razones por las cuales el trabajo de gestión del riesgo y reducción de vulnerabilidades en sistemas de agua y saneamiento se torna más importante y urgente: los sistemas requieren ser más extensos, ya sea porque las fuentes seguras de agua son escasas y lejanas, o porque el crecimiento de las ciudades hace necesario que los sistemas se extiendan grandes longitudes con el afán de llevar los servicios a toda la población.

Además, debe fomentarse la cooperación entre los distintos operadores para apoyarse en situaciones de emergencia y hacer posible el intercambio de experiencias.

El trabajo en gestión del riesgo por parte del sector agua y saneamiento debe involucrar a todos los actores, como parte del trabajo multisectorial en la reducción del riesgo de las comunidades, desde las autoridades y reguladores hasta los gobiernos locales y la comunidad en general. El aporte que se espera del sector, tanto en el momento de la emergencia como en la reducción de las vulnerabilidades en la población, hace que su participación en las plataformas de reducción del riesgo deba considerarse dentro de las líneas vitales para el desarrollo y la resiliencia de las comunidades, reconociendo su aporte indispensable en la salud y el bienestar de la población. En cualquiera de los casos, las condiciones mínimas establecidas deben brindar un servicio que

satisfaga las necesidades locales y prioritarias para el consumo, higiene y bienestar.

Agua y saneamiento para todos y en todo momento: una necesidad política, social y económica. El desafío para el sector de agua y saneamiento en el contexto de reducción de los desastres no es otro que **MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA, REDUCIENDO VULNERABILIDADES**

## **8.1 LA PREVENCIÓN DE DESASTRES COMO ASUNTO DE SEGURIDAD HUMANA**

La prevención de desastres es una condición esencial de seguridad humana y como tal de la gestión ciudadana y del gobierno en particular.

El enfoque en este caso, es que la reducción de riesgos es un asunto coordinado y que debe estar a cargo de todos y cada uno de los miembros de la sociedad. No es suficiente la intención de reducir los riesgos de desastre de manera particular o aislada, porque tal esfuerzo resultaría ineficaz y de hecho, puede llegar a ser contraproducente.

Los riesgos de desastre natural deben ser enfrentados por toda la sociedad de manera armónica y complementaria, incluyendo entidades públicas, sector privado, los ciudadanos y sus organizaciones, y comunidad internacional.

Política Pública, es el pacto social, centrado en la cultura ciudadana preventiva y el desarrollo institucional, de modo que se logre la base de la concientización y el compromiso de los niveles decisorios públicos y privados y también de la conciencia y la movilización de las comunidades y personas.

La visión preventiva de los desastres se basa en conocimiento de los habitantes y comunidades sobre sus riesgos y la manera de prevenirlos y mitigarlos; todos los planes, programas y proyectos de desarrollo, desarrollo de los planes de

ordenamiento territorial, como criterio principal para la determinación de los usos del suelo y de la distribución de la población y las actividades económicas y sociales; la definición de responsabilidades específicas de cada una de las entidades nacionales, sectoriales y territoriales tanto públicas como privadas.

## **8.2 INSTRUMENTOS PARA LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD**

La reducción de la vulnerabilidad a los desastres naturales y socionaturales comienza por dos frentes interrelacionados:

- Disminuir el grado de exposición a las amenazas, mediante la localización de las actividades en las áreas de menor peligro, (por ejemplo, localizar las viviendas en zonas donde no se presentan derrumbes, avalanchas, flujos o inundaciones);
- Crear protección, es decir, interponer defensas que reduzcan la posible afectación que pueden causar las amenazas, (por ejemplo, construir con estructuras antisísmicas o reforestar las montañas con mayor probabilidad de deterioro por lluvias).

Existen cuatro instrumentos de política pública que son la base para reducir la vulnerabilidad:

- Para reducir el grado de exposición y la desprotección, el principal instrumento es el ordenamiento territorial. El ordenamiento territorial es la guía para identificar la vocación de las distintas áreas del territorio, localizar las actividades en función de la minimización de riesgos específicos y establecer mecanismos de protección. Adicionalmente, los seguros brindados por las compañías especializadas pueden estimular las actividades preventivas y reducir sustancialmente las cargas financieras de la recuperación post-desastre.
- Para reducir los riesgos por incapacidad de reacción inmediata en el caso de emergencia, es indispensable establecer sistemas de alerta temprana para

cada tipo de amenaza y desarrollar capacidad de reacción de las comunidades en riesgo, mediante su conocimiento de los peligros, la capacidad de valoración de las situaciones críticas, el entrenamiento para reaccionar de manera adecuada y, si fuere el caso, la creación de refugios o áreas de protección especial.

- Para reducir la vulnerabilidad por incapacidad de recuperación básica, es menester contar con planes y organizaciones de contingencia, con capacidad para actuar de la manera más eficaz en el menor plazo posible, y de restaurar los servicios básicos que garantizan la supervivencia (reducción del riesgo de nuevos desastres, control de epidemias y disponibilidad de agua, alimentación, albergue, atención psico-social y cuidado infantil).
  
- Para reducir la vulnerabilidad por incompetencia para la recuperación permanente del ecosistema afectado, la disponibilidad de mecanismos que permitan formular y adelantar eficaz y eficientemente planes de reconstrucción y desarrollo.

## CAPÍTULO 9

### PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

El ordenamiento territorial consiste en la regulación de la utilización, ocupación y transformación del espacio, en función del bienestar colectivo actual y futuro, la prevención de desastres y el aprovechamiento sostenible de los recursos disponibles. Calidad de vida, prevención de desastres y sostenibilidad son precisamente sus objetivos.

El ordenamiento territorial cuenta con cuatro elementos principales:

- Conocimiento de la presión actual y futura sobre el territorio.
- Previsión del crecimiento poblacional y de la demanda de recursos y servicios ambientales para el mediano y largo plazo.
- Conocimiento de los recursos, potencialidades y ventajas comparativas del territorio.
- Conocimiento de los riesgos por el uso del territorio.

Para que sea eficaz, el ordenamiento territorial debe tener las siguientes características:

- Ser local: su ordenamiento solo puede realizarse en el propio medio y por parte de quienes lo habitan, lo conocen, lo padecen, lo aprovechan y lo disfrutan.
- Ser integral: no puede realizarse un ordenamiento del territorio en función de la explotación de los recursos naturales, otro en función de su conservación, otro en función de la provisión de servicios básicos, otro en función de la expansión económica y así sucesivamente.
- Ser participativo: para que el ordenamiento del territorio sea eficaz, se requiere que exista clara conciencia en todos los habitantes sobre la importancia de la racionalización en el uso del medio natural y que se logren acuerdos entre los diferentes intereses sobre las medidas óptimas de uso del espacio y conservación del ambiente. Sólo de esta manera el ordenamiento territorial

será una política de todos, porque hay beneficios para todos y los costos se reparten equitativamente.

Es importante señalar que Colombia es el país pionero en América Latina en materia de ordenamiento territorial, y los resultados de este procedimiento han sido extraordinarios. Muchos municipios carecen ya de viviendas localizadas en zonas de riesgo y se ha avanzado sensiblemente en la prevención de riesgos de inundación y de remoción de masa, incluyendo en ello la participación ciudadana.

El ordenamiento territorial se basa en 2 principios básicos:

- La comunidad humana puede lograr la mayor calidad de vida, las mejores condiciones de crecimiento económico y óptimas posibilidades de desarrollo sostenible mediante el ordenamiento territorial.
- El que genera riesgo debe responder por su mitigación y sus consecuencias.

Respecto a la temporalidad de un plan de ordenamiento territorial, este puede tener objetivos a largo, mediano y corto plazo con los horizontes temporales señalados en la siguiente tabla:

<b>Objetivos a:</b>	<b>Horizonte temporal</b>
largo plazo	10 a 12 años
mediano plazo	6-8 años
corto plazo	1-3 años

La eficiencia de un Plan de Ordenamiento territorial, debe fundamentarse en un acuerdo de los diferentes estamentos de la comunidad local, es decir debe basarse en la concertación, legitimidad pública y la vigilancia ciudadana.

Los Planes de Ordenamiento Territorial suelen revisarse cada 3 – 4 años, para reforzar sus objetivos de largo plazo y precisar los objetivos de corto plazo del período que comienza.

## **CAPÍTULO 10**

### **ZONIFICACIÓN DE RIESGOS**

A partir de los análisis de vulnerabilidad se pueden definir los mapas de riesgo siendo necesario jerarquizar el territorio por zonas de peligro o afectación. Estos mapas, permitirán distinguir:

#### **10.1 ZONAS DE ALTO RIESGO NO MITIGABLE**

Son las partes del territorio donde la presencia de una amenaza puede generar altas pérdidas y no es posible realizar obras de protección o éstas no son económica o socialmente viables. Cuando existen asentamientos humanos en zonas de alto riesgo no mitigable, es indispensable prever un programa de reubicación de las familias en riesgo y la conversión del área en zona de protección con las características que han sido descritas. Estas zonas son aquellas que mayor vulnerabilidad presentan.

#### **10.2 ZONAS DE ALTO RIESGO MITIGABLE**

Son aquellas donde la presencia de una específica amenaza puede generar altas pérdidas, pero es técnica, social y económicamente viable realizar obras de protección para evitarlas; a ellas, se les asigna la máxima prioridad para análisis detallado de los riesgos y el diseño y ejecución de medidas de protección.

Se procura, además, que tengan baja densidad ocupacional y viviendas livianas para que no se aumente la vulnerabilidad.

#### **10.3 ZONAS DE RIESGO MEDIANO**

Las zonas clasificadas como de riesgo mediano requieren también el diseño y ejecución de medidas estructurales, complementarias y de mantenimiento, y el establecimiento de sistemas de alerta temprana y capacidad de reacción como en el caso anterior, así como la normalización de los asentamientos humanos y la optimización de redes de servicios públicos.

## **10.4 ZONAS DE DESARROLLO URBANÍSTICO FUTURO**

Los mapas de riesgo y los análisis de vulnerabilidad son la base para definir el desarrollo urbanístico futuro. La ubicación de viviendas, escuelas y centros de afluencia masiva de personas se hará siempre en zonas de bajo riesgo. También se identificarán las zonas de bajo riesgo en las cuales se localizarán los programas de vivienda social.

### **a) Ordenamiento urbano**

Precisa el desarrollo físico, la utilización y la administración del suelo urbano de suelo de expansión urbana, es decir trata de poner a disposición de los actores del desarrollo urbano toda la información necesaria para que se tomen en cuenta los riesgos, los límites y los recursos, tanto del medio natural como de la cultura local, en los sitios de expansión o de reordenamiento.

Comprende políticas de corto y mediano plazo (el componente de ordenamiento general tiene mayor énfasis en las políticas de largo plazo).

### **b) Ordenamiento rural**

Este componente se enmarca en el ordenamiento general. Su especificidad radica en cuatro aspectos:

- Precisa el desarrollo físico, la utilización y la administración del suelo rural.

- Precisa los programas para la provisión de servicios básicos al conglomerado urbano.

- Precisa los programas destinados a la protección y sostenibilidad de los recursos naturales.

- Precisa las políticas de corto y mediano plazo para el ordenamiento rural (el componente de ordenamiento general tiene mayor énfasis en las políticas de largo plazo).



## **10.5 PROGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL**

El Plan de Ordenamiento Territorial requiere de un programa de ejecución que identifique:

- Las metas que deberán lograrse anualmente en cada uno de los tres componentes.
- los proyectos y actividades destinados a lograr esas metas.
- los responsables.
- los recursos.
- las actuaciones obligatorias de los diferentes agentes que ocupan el territorio.
- los estímulos y sanciones.
- los indicadores que permiten la vigilancia ciudadana.

## **10.6 Elaboración del plan de ordenamiento territorial**

El Plan de Ordenamiento Territorial debe tener un documento de resumen de muy amplia difusión, para que la ciudadanía conozca los aspectos principales del plan, de modo que pueda participar en su ejecución, evaluar su cumplimiento y observar sus mandatos.

El resumen debe incluir:

- Aspectos esenciales del diagnóstico;
- políticas básicas;
- metas y plazos;
- síntesis de problemas y propuestas en el ámbito urbano y rural;
- normas de obligatorio cumplimiento; y
- trámites exigidos.

Desde el punto de vista de las relaciones ambientales, las medidas de ordenamiento de un territorio particular pueden verse reforzadas o debilitadas por su contexto externo.

Desde el punto de vista de las relaciones económicas, las relaciones de intercambio de un determinado territorio con el resto del país y de éste con el resto del mundo son decisivas. Los términos desiguales de intercambio aumentan la pobreza, obligan a las regiones perjudicadas a sobreexplotar sus recursos naturales como condición de subsistencia y restringen la capacidad de invertir tiempo y dinero en acciones destinadas a reducir la vulnerabilidad.

Desde el punto de vista de las relaciones sociales, las dificultades de integración tienen alto impacto en el ordenamiento territorial. Las diversas modalidades de discriminación, como las relacionadas con factores étnicos o migratorios, siempre colocan a los más débiles en condición de vulnerabilidad extrema y dificultan severamente el ordenamiento de los territorios en los cuales se refugian.

Los instrumentos financieros de protección frente a los riesgos de desastre se considera a los siguientes: inversiones en desarrollo y aseguramiento de riesgos.

El estudio muestra que es menos costoso invertir en el manejo del riesgo que pagar las consecuencias de la falta de prevención.

El enfoque reactivo a los desastres naturales no solamente es social y económicamente más costoso para los países, sino que afecta negativamente a las agencias de crédito, porque muchas de las deudas para programas de reconstrucción jamás pueden ser pagadas. En consecuencia, cada vez es más difícil obtener crédito externo de reconstrucción en los montos y la oportunidad requeridos.

Desafortunadamente, invertir en desarrollo con enfoque preventivo es menos rentable políticamente; que movilizar recursos de reconstrucción, cuando las comunidades ignoran sus riesgos de desastre. De ahí que el enfoque preventivo en la inversión debe sustentarse con políticas de ordenamiento territorial y educación ciudadana en materia de riesgos.

En los *países desarrollados*, una parte considerable de los procesos administrativos y de los costos de reconstrucción y rehabilitación post-desastre son asumidos por empresas aseguradoras y otra parte por el Estado; en muchos casos, los costos deben ser asumidos por los causantes de las emergencias.

En los *países de bajo y mediano nivel de desarrollo*, tales costos son asumidos con recursos públicos y fondos de la cooperación internacional, de modo que tienen un enorme costo de oportunidad sobre otros gastos en áreas clave del desarrollo.

A continuación, se revisa la estrategia aplicada hoy en día, quien causa daños ambientales debe responder por ellos y el aseguramiento es un mecanismo decisivo para reducir los niveles de vulnerabilidad y trasladar al sector privado gran parte de los costos de reconstrucción y rehabilitación, evitando que sean financieramente desastrosos para las comunidades nacionales.

“El que daña, paga”, un principio fundamental de la prevención de desastres es que el que genera riesgo debe responder por su mitigación y consecuencias, especialmente si se trata de inversionistas públicos o privados.

La práctica de este principio tiene varias consecuencias de enorme beneficio. Entre ellas se destacan las siguientes:

- Se crea disciplina social sobre las intervenciones sobre el ambiente que generan vulnerabilidad.
- Se incluye la prevención de desastres dentro de los costos de producción o prestación de servicios.
- Se rompe la visión humanitaria sobre la atención de emergencias.
- Se rompe también la visión arcaica de que el Estado es responsable exclusivo por los desastres naturales y socio-naturales para pasar a una visión moderna que ubica la responsabilidad en quien desarrolle la actividad generadora de riesgo.
- Se crea un importante precedente jurídico y ciudadano para el establecimiento de un nuevo pacto social en materia de prevención de desastres

y de responsabilidad sobre los daños causados.

## **10.7 ASEGURAMIENTO**

América Latina tiene una débil cultura en materia de seguros y, por ende, en el campo de los seguros frente a desastres naturales. Muchas autoridades y ciudadanos consideran, equivocadamente, que la industria aseguradora es un negocio abusivo y sin beneficios para la sociedad.

Sin embargo, esta es una herramienta adicional que se puede aplicar cuando se considere que no es posible reducir la vulnerabilidad de la infraestructura de agua y saneamiento. El objeto es, transferir el riesgo mediante la suscripción de seguros para las instalaciones de agua y saneamiento, con los cuales se solventan las inversiones que eventualmente serían necesarias para recuperar la operatividad de los sistemas. La colaboración entre empresas prestadoras de servicios es otro aporte importante para la atención de la emergencia.

La transferencia de riesgo mediante la suscripción de seguros, aún cuando no reduce la vulnerabilidad física de los sistemas ni asegura la continuidad del servicio, es una herramienta para contar con los recursos necesarios en la recuperación de los daños y asegurar la viabilidad financiera de la empresa; para ello, es necesario que las empresas aseguradoras cuenten con sistemas expeditos de evaluación de daños y pago de pólizas. El uso de seguros debe impulsar y crear incentivos para la incorporación de medidas de prevención y mitigación de los sistemas a los cuales cubre, reconociendo tales medidas en el establecimiento de las primas de seguros y reduciéndolas para el caso de los sistemas que demuestren ser menos vulnerables.

En realidad, la experiencia mundial muestra que el aseguramiento frente a los desastres naturales tiene dos grandes ventajas: estimula la prevención orientada por las empresas aseguradoras y garantiza financiamiento y eficiencia en las actividades de reconstrucción post-desastre.

Los principales obstáculos para el aseguramiento en América Latina constituyen el centro de las acciones que deben ser emprendidas, tal como se señala en los siguientes acápite:

*La falta de una cultura de prevención.* Los gobiernos y la mayoría de los ciudadanos confían en que no habrá siniestro y que si se presenta, ya se encontrará la manera de afrontarlo.

*La falta de una cultura de aseguramiento.* La mayoría de las personas considera perdidos los fondos pagados como prima si no se presenta un siniestro que las afecte.

*La falta de políticas públicas para promover y apoyar el aseguramiento.* La mayoría de los gobiernos de la región no han considerado el aseguramiento como parte de sus sistemas de prevención y atención de desastres y carece de estímulos y mecanismos de co-financiación y cooperación. Hacen falta además políticas, códigos, estándares y normas que puedan regular eficazmente las actividades de aseguramiento.

*La falta de ofertas adecuadas por parte de las aseguradoras que operan en América Latina.* Por lo general carecen de estudios de riesgo específico, de modo que optan por primas máximas, no ofrecen asesoría en prevención ni promueven descuentos por prácticas preventivas por parte del usuario.

## **10.8 SOSTENIBILIDAD EN EL SECTOR DE AGUA Y SANEAMIENTO**

Cada año los desastres naturales se suscitan con mayor frecuencia, sus impactos son cada vez mayores y las pérdidas asociadas siguen en aumento. Esto contribuye a que la infraestructura de agua y saneamiento se encuentre expuesta a niveles de riesgo cada vez más altos, y con cada nuevo desastre son más los sistemas que resultan dañados. A pesar de ello, el sector está obligado a seguir creciendo y a brindar acceso a las poblaciones que aún no cuentan con los

servicios. A menudo, la ubicación de las nuevas comunidades coincide con una mayor exposición a las amenazas naturales y una mayor vulnerabilidad de los sistemas a construir.

Dado que es difícil reubicar a la población, los sistemas que se orienten a la dotación de los servicios en estas zonas deben incorporar criterios adecuados a los riesgos a los cuales están expuestos. Esto es de particular importancia para asegurar que la inversión efectuada conlleve a las mejoras esperadas en las condiciones de salud y la calidad de vida de estas poblaciones que presentan las mayores inequidades en el acceso a los servicios básicos y la salud, y en las cuales el camino hacia la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (Programa de la OPS) requiere de mayores esfuerzos, que los actualmente efectuados, para cumplir con las metas establecidas

Asegurar el funcionamiento de los sistemas de agua y saneamiento frente a fenómenos naturales requiere de la inclusión de medidas de seguridad en las diversas etapas de la implementación de estos servicios, así como preparativos y planes de emergencia para afrontar la ocurrencia de desastres. El dejar de lado dichas acciones es contribuir al caos, extender y profundizar el impacto del desastre, así como exponer a la población a riesgos a su salud.

Conseguir sistemas de agua y saneamiento sostenibles incluye que éstos sean capaces de brindar servicios a lo largo de su vida útil, y así coadyuvar en los esfuerzos por mejorar las condiciones de salud y calidad de vida de la población.

En el sector de agua y saneamiento, el enfoque de provisión de servicios ha cambiado de la concepción de construcción de sistemas hacia la instalación de servicios sostenibles.

Los trabajos de aseguramiento de los sistemas frente a desastres naturales son un aporte directo a las dimensiones técnica, económica y ambiental de esta sostenibilidad.

*La sostenibilidad técnica* implica que los trabajos y obras realizadas sobre la infraestructura física, mediante el uso de tecnologías adecuadas, correcta ubicación de los componentes, entre otros, limitan los problemas posteriores en la operación del sistema en caso de un desastre natural. Además, los trabajos de gestión del riesgo constituyen una vía de ingreso para el trabajo con la comunidad y el fortalecimiento de las capacidades locales.

*La sostenibilidad económica/financiera* no debería verse afectada por un desastre natural. El trabajo de gestión del riesgo deberá prever que en caso de no ser posible eliminar las vulnerabilidades, el sistema deberá contar con un mecanismo (como la suscripción de seguros en el área urbana, la provisión de materiales de reemplazo, y capacidades técnicas y económicas suficientes en el área urbano-marginal y rural) que haga posible contar con los recursos necesarios para su recuperación.

*La sostenibilidad ambiental del sistema* implica la armonización de la instalación de los sistemas con las condiciones ambientales existentes, incluidas las amenazas naturales, sin que los sistemas generen mayores amenazas y evitando que los daños que se produzcan alteren las condiciones del entorno, en especial los sistemas de saneamiento, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales. Aún cuando se realicen trabajos de reducción de vulnerabilidades y aseguramiento de los sistemas, un evento de excepcional magnitud puede generar daños en sus componentes y afectar el servicio. Los niveles mínimos de la prestación del servicio en situaciones de emergencia deben establecerse en acuerdo con las autoridades locales y plasmarlas como una obligación legal incluida en los contratos de prestación de servicios, identificando las instalaciones críticas como hospitales, escuelas y albergues, para los cuales el suministro debe asegurarse aún en las condiciones más desfavorables.

El desarrollo de las capacidades locales y la gestión del riesgo juegan un papel vital para alcanzar la sostenibilidad de los servicios de agua y saneamiento, así como de las mismas comunidades. Caso contrario, se corre el peligro de concebir y construir servicios insostenibles y destinados al deterioro progresivo; poniendo

en riesgo a la propia comunidad por su mal funcionamiento o el daño en su infraestructura, durante situaciones de desastre.

Un adecuado manejo del riesgo ante cualquier amenaza permitirá a los sistemas reaccionar de forma eficiente ya que mientras más prolongado sea el tiempo que se requiere para restablecer los servicios, mayor será el número de actividades afectadas y los problemas sociales serán más profundos y más difíciles de recuperar. En la medida en que los servicios continúen interrumpidos o sin restablecer en sus condiciones normales, el proceso de recuperación económica, empresarial y social de la población afectada se verá retrasado.

La experiencia en desastres anteriores ha demostrado que cuando los sistemas de agua y saneamiento resultan destruidos o los daños sobrepasan las capacidades técnicas y económicas con que cuentan los prestadores del servicio para su rehabilitación, existe el riesgo (en especial en aquellos sistemas administrados por la propia comunidad) de que éstos caigan en abandono, se vea reducida de manera sustancial la calidad de los servicios o sean rehabilitados con obras temporales, aumentando su vulnerabilidad ante la ocurrencia de fenómenos similares e incluso de menor magnitud.

El contemplar que los sistemas de agua y saneamiento resulten totalmente “ilesos” luego de la ocurrencia de cualquier desastre natural puede ser un objetivo imposible o que involucre costos demasiado altos. El objetivo de la gestión del riesgo no es obtener sistemas infalibles ante todo tipo de amenaza, sino que se debe asegurar que dichos sistemas sean capaces de brindar un nivel mínimo de servicio (ver Anexo 4.)

Las empresas prestadoras de servicios tienen todo lo necesario para asegurar un nivel mayor que el indispensable, sin embargo aún no cuentan con compromisos operacionales con sus usuarios y autoridades locales.

El establecimiento de los niveles mínimos en la prestación de servicios debe hacerse de manera concertada entre las empresas prestadoras y la comunidad,



representada en sus autoridades locales. Para ello es necesario que las autoridades sectoriales y los organismos reguladores establezcan un marco rector y regulatorio que permita la generación de espacios, la necesidad y las condiciones para que dicho trabajo se realice.

Una vez definidos los niveles, los trabajos de reducción de vulnerabilidades deben orientarse a reducir los impactos, de tal manera que bajo cualquier escenario de riesgo identificado estos niveles puedan alcanzarse.

La reducción de vulnerabilidades y riesgos en los sistemas existentes de agua y saneamiento es factible, y aunque en algunos casos proviene de una identificación de los logros alcanzados y las lecciones aprendidas por los mismos operadores en eventos anteriores, es preferible que no se espere a que un desastre impacte en los sistemas para tomar las medidas correctivas.

Se debe, por ello, promover estudios que permitan identificar las amenazas e implementar las medidas necesarias para minimizar los daños y asegurar la continuidad de los servicios.

Para llevar a cabo estos estudios, las empresas de agua deben trabajar en colaboración con autoridades locales, universidades, centros de cooperación técnica, colegios profesionales, entre otros, para identificar y caracterizar las amenazas presentes en la zona, así como identificar las debilidades de la infraestructura (vulnerabilidad física de los componentes), de las capacidades financieras (suspensión de pagos, gastos en reparación de los sistemas, incremento de costos de producción y distribución) y operativas (recursos técnicos y personal preparado) que presentan los sistemas y servicios. (Ver anexo 5)

Dentro de la reducción de riesgos, los factores estratégicos para asegurar que los sistemas continúen operativos en casos de desastre son, el reforzamiento de la infraestructura y la protección del entorno en el cual se encuentra instalado el mismo.

## **CAPÍTULO 11**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **11.1 Conclusiones**

Los daños físicos en las obras de infraestructura así como otros impactos producidos por un fenómeno natural catastrófico, constituyen una real situación de desastre para el desarrollo de una comunidad, especialmente en los servicios básicos como lo son el suministro de agua potable y de saneamiento, daños en los sistemas de alcantarillado, redes de comunicación y vías.

La estimación de la vulnerabilidad se fundamenta en la calificación del grado de vulnerabilidad, el cual contempla tres aspectos fundamentales: grado de afectación a la infraestructura, al servicio y efecto de la solicitación considerada. Dicha calificación pueden alcanzar un máximo valor de 100, implicando la probabilidad de exposición y afectación ante la ocurrencia de una erupción del Volcán Cotopaxi con características similares a la acaecida en 1877.

La presente evaluación del grado de vulnerabilidad ha considerado los datos obtenidos mediante levantamiento de campo, basados en huellas dejadas por el paso de los lahares generados por la erupción de 1877. Los parámetros básicos como niveles, velocidades y caudales han sido definidos para secciones muy cercanas a los sitios de cruce de las conducciones de los sistemas de abastecimiento. (Estudio Mapa de Riesgos Volcán Cotopaxi, 2004)

El escenario III, considerado como dato para la modelación, diseño y verificación de resultados, presenta características similares a las acaecidas en 1877.

Los puntos críticos de la infraestructura de la EMAAP-Q, se encuentran en los cruces de los sistemas de Pita Tambo, Mica Quito Sur y Papallacta. Sitios que se encuentran expuestos en los cauces de los ríos por donde posiblemente

transitarán los lahares primarios producidos por una reactivación del volcán Cotopaxi.

La ceniza volcánica puede extenderse, decenas o cientos de kilómetros de distancia desde el cráter dependiendo de la magnitud y dirección de los vientos. El espesor de las caídas de ceniza en un punto es función de la magnitud de la erupción, de la distancia al cráter y de la dirección de los vientos en el momento de la erupción.

Los cruces de la conducción del sistema La Mica – Quito Sur con los ríos Sambache y San Pedro no serán afectados por lahares primarios, sin embargo se considera su incidencia en lo que a la acumulación de cenizas y formación de lahares secundarios, se refiere.

Las obras expuestas a una eventual caída de cenizas, dada su ubicación desde el foco de emisión no sufrirán mayor inconveniente en la parte física. Sin embargo, hay que considerar la incidencia en su funcionamiento y/u operatividad, tal como sucede con lo de la calidad del agua. La ceniza volcánica es de constitución muy fina y puede ser diluida fácilmente en el agua formando otros compuestos que eventualmente requerirían de un plan de contingencias propio de la planta y del departamento encargado de la operación y mantenimiento del sistema afectado.

La bocatoma en el río Pita es un elemento crítico y altamente vulnerable. Al ser afectada por lahares primarios podría ocasionarse la suspensión total y hasta definitiva del proyecto Pita Tambo. Dados los antecedentes de ubicación, condición, período de diseño, agotamiento de la fuente y de afectación en las características de la misma cuenca, su pérdida sería inevitable.

Una preocupación fundamental en el sector de agua y saneamiento es lograr servicios sostenibles que permitan dotar de agua y saneamiento para todos y en todo momento, más aún en los momentos que más se requieren, como en situaciones de desastre. Siendo preciso que las normas de diseño usadas por el sector en la construcción de los sistemas de agua y saneamiento sean

actualizadas en relación a las lecciones aprendidas por los operadores en cada desastre sobre nuevas vulnerabilidades.

Dada la naturaleza del evento (erupción volcánica) existe una gran incertidumbre sobre la duración que los lahares primarios o secundarios podrían tener; lo que genera la misma incertidumbre en lo que al tiempo de suspensión del servicio se refiere, es una variable directamente proporcional.

A pesar de advertir la ruta que los lahares pueden tomar, la magnitud de los mismos e incluso su incidencia; no se puede prever con exactitud el período de afectación e interrupción en la operación del sistema.

El intentar cuantificar el efecto que la suspensión indefinida de servicio provocaría sobre el abastecimiento de agua potable para la ciudad de Quito insta a la urgente implementación de medidas alternativas.

Es importante señalar que al existir la infraestructura como tal y la probabilidad, por mínima que esta sea, de ocurrencia de un evento dado siempre existirá un grado de calificación de vulnerabilidad y por tanto de riesgo. Asumiendo que el riesgo está dado en función de la probabilidad de ocurrencia de la amenaza y del grado de vulnerabilidad en un solo producto.

Respecto a las plantas de Tratamiento los tanques de distribución asociados a cada una de ellas están protegidos, sin embargo se verán expuestos a la caída de cenizas leve, la misma que podrá ser removida con facilidad incluso por el viento.

El conocimiento del fenómeno y la información precisa, oportuna y asequible es esencial para elaborar, divulgar y ejecutar cualquier decisión y acción de prevención ante los efectos previstos en cada uno de los sistemas de Agua Potable objetos del estudio.

La planta de Tratamiento “El Troje” es la única que cuenta con el plan de manejo de instalaciones y procedimiento ante una eventual caída de cenizas.

Dada la vulnerabilidad de la infraestructura ante la amenaza de inundación y de otras afectaciones (acumulación, socavación, etc.), es recomendable sumar la longitud de carreteras en cada clase de carretera.

El tendido eléctrico y telefónico ha sido evaluado como un solo componente, dada la carencia de información digital en el área del proyecto por parte de la Empresa Telefónica ANDINATEL; en este caso en particular se ha asignado un valor de vulnerabilidad asociado a las instalaciones subterráneas sobre todo en el tramo de la Autopista general Rumiñahui ya que no existe registro o grado de protección en su cercanía.

El presente análisis de vulnerabilidad permite a las partes involucradas en la planificación, toma de decisiones, administración y ejecución de las obras, desde una perspectiva integral e interdisciplinaria lograr minimizar el grado de exposición y con ello el riesgo implícito de cada uno de los componentes de los sistemas analizados.

La contribución de la gestión del riesgo en la sostenibilidad de los sistemas de agua y saneamiento se evidencia de manera directa sobre sus dimensiones ambiental y financiera. La identificación de amenazas naturales, sus posibles impactos sobre el entorno natural y la infraestructura de agua y saneamiento, contribuyen a mantener la sostenibilidad ambiental.

Por otro lado, la identificación de amenazas y las medidas de reducción de vulnerabilidades en los sistemas de agua y saneamiento son herramientas para la protección de la inversión asociada a la instalación de la infraestructura y la viabilidad financiera de los prestadores del servicio con posterioridad a la ocurrencia del desastre.

Es indispensable que la gestión del riesgo se encuentre adaptada al entorno en el cual se desarrollan los proyectos. Para ello, se debe realizar un trabajo multidisciplinario y coordinado con otros sectores para identificar las amenazas

presentes en el ámbito de los servicios. En las grandes urbes, donde los sistemas abarcan amplias áreas y están a cargo de empresas prestadoras, este trabajo debe desarrollarse mediante la aplicación de estudios específicos para la identificación de las zonas más vulnerables y las amenazas de mayor impacto.

Especialmente en el medio rural, donde la información existente es limitada y escasa, el conocimiento que posee la comunidad acerca del entorno que la rodea se convierte en una fuente importante, factible y deseable de ser aprovechada en las fases del proyecto, fomentando de esta manera la participación activa de la comunidad e involucrándola dentro de la concepción y toma de decisiones y promoviendo la apropiación del proyecto y/o sistema.

El uso de materiales y tecnologías adecuadas a las condiciones de riesgo existentes y un proceso dinámico en la actualización de criterios de diseño son indispensables para lograr una reducción eficaz de la vulnerabilidad de los sistemas.

## **11.2 RECOMENDACIONES**

Al considerar la exposición anterior sobre la valoración de vulnerabilidad de los cruces de los sistemas Papallacta y La Mica – Quito Sur se hace urgente aplicar medidas que reduzcan o anulen la exposición de dichas instalaciones a las solicitaciones ya indicadas de modo que se proporcione la mayor parte del caudal de abastecimiento para la ciudad.

Es necesario considerar que un efecto posterior a la erupción y generación de lahares primarios es contar con gran cantidad de material sólido en la cuenca de aporte que será lavado en forma gradual con las lluvias posteriores al evento durante un tiempo relativamente largo. Implicando esto, que la calidad del agua que circulará por el cauce del río Pita en los días o meses posteriores a cada evento eruptivo del volcán, posiblemente no tendrá las condiciones de calidad necesarias para su captación y aprovechamiento en un sistema de agua potable.

Se debe, por ello, identificar nuevas fuentes para el abastecimiento de agua para la ciudad de Quito, así como cambios o mejoras en la operación de los sistemas Papallacta y La Mica-Quito Sur, de modo que se logre un adecuado funcionamiento y rendimiento en presencia de dicha eventualidad y en particular ante una afectación severa del sistema Pita-Tambo (colapso de la bocatoma).

En los puntos de mayor vulnerabilidad se debe procurar la implementación de un sistema de alerta inmediata, de modo que se logre la evacuación del personal. Implementar en cada una de los sistemas la actualización del sistema de alerta y como tal, las medidas de mitigación correspondientes.

Para la EMAAP-Q es determinante, el procurar el correcto funcionamiento de los sistemas de agua y saneamiento, o definir la capacidad de respuesta ante el impacto de los desastres para proteger y recuperar la salud de la población y controlar los riesgos ambientales que pueden derivar en brotes epidémicos (leptospirosis, cólera, EDAs) y que afectan la salud de la población más que el fenómeno mismo.

Es indispensable que las autoridades del sector tomen conciencia de la necesidad de renovar y actualizar los marcos regulatorios, las normas y criterios de diseño, tomando en cuenta las experiencias analizadas en cada nuevo desastre. Las empresas de agua y autoridades del sector en asociación con los actores académicos y científicos deben sistematizar estas experiencias, y así apoyar el establecimiento de nuevos códigos o la renovación de los actuales, para la instalación de servicios de agua y saneamiento sostenibles ante los desastres naturales, apoyados en el desarrollo científico y tecnológico. Estas normas deberán difundirse mediante redes y asociaciones de profesionales, empresas a nivel local, nacional y regional.

Una intervención en salud pública adecuada implica que las autoridades políticas y sanitarias competentes contemplen como prioridad en su agenda el que los sistemas de agua y saneamiento sigan prestando servicios (aunque en condiciones menores a las normales).





## **CAPÍTULO 12**

### **BIBLIOGRAFÍA**

1. ANDRADE, D., Los Peligros volcánicos asociados con el Cotopaxi, IG-IRD, 2005
2. BLONG R.J., Volcanics Hazards, A sourcebook on the effects of eruptions, Australia, 1984.
3. EMAAP-Q, Información y planimetría sobre la infraestructura de la Empresa en la Zona de drenaje norte del volcán Cotopaxi.
4. EMAAP-Q, Información sobre las características de las instalaciones de la Planta de Tratamiento “El Troje”, “Sistema Puengasí” y de la Central “El Carmen”.
5. HIDALGO X., Informe de Prefactibilidad de las Obras, Fase I, 2004
6. IGEOMINAS, “Evaluación del Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa – Guía Metodológica”, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería Colombiana, Bogotá, 2001.
7. LEONE F., “Concept de vulnerabilite applique a levaluation des risques genres para les phenomenes de mouvements de terrain”, These de Doctorat, IGA, Grenoble I, Université Joseph Fourier, 1996.
8. MINARD, H. et al, “Mapa Regional de Peligros Volcánicos Potenciales del Volcán Cotopaxi – Zona Norte”, EPN - Instituto Geofísico, 2004.
9. OMS, “Emergencias y desastres en sistemas de Agua Potable y Saneamiento: Guía para una respuesta eficaz”. Washigton D.C.Estados Unidos, 2001.

10. OPS, "Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario - Guías para el análisis de Vulnerabilidad". Washigton D.C.Estados Unidos, 1998.
11. PLAZA G., YÉPES H., Manual para la Mitigación de Desastres Naturales en sistemas rurales de agua potable. Escuela Politécnica Nacional. Ecuador, Quito, 1998.
12. WARRICK, R. et\_al, "Four communities under Ash, alter Mount St. Helens", University of Colorado, 1981.

**ANEXO 1.**

**MATRIZ DE EVALUACIÓN CUANTITATIVA  
DE LA VULNERABILIDAD**

**ANEXO 2**

**MAPA DE VULNERABILIDAD  
FLANCO NORTE VOLCÁN COTOPAXI**

## **ANEXO 3**

### **Consecuencias de las Caídas de Ceniza en la Salud y la Infraestructura**

- La inhalación de la ceniza puede provocar el empeoramiento de enfermedades pulmonares, asma, silicosis por exposición prolongada al aire libre
- Puede provocar también trastornos gastrointestinales por la ingestión de agua contaminada con flúor y posiblemente con metales pesados (arsénico, mercurio, etc.) o por la ingestión de alimentos contaminados.
- Puede causar daños oculares como conjuntivitis y abrasiones en la córnea.
- Colapso de tejados: Capas de ceniza de 2 a 3 cm de espesor pueden causar el colapso de tejados con pendientes menores a 20°; y/o con estructuras de mala calidad.
- La ceniza fina puede causar contaminación en ambientes interiores limpios como quirófanos, laboratorios farmacéuticos, mecánica de precisión, óptica, en la industria de la alimentación, etc.
- Los equipos electrónicos pueden sufrir importantes daños tanto por la capacidad abrasiva de la ceniza como por su comportamiento eléctrico, ya que la ceniza humedecida es altamente conductiva pudiendo provocar cortocircuitos. Se debe tener especial cuidado con sistemas de agua, bombas, filtros y válvulas muy susceptibles a sufrir daños por la caídas de cenizas.
- Interferencias de radio y televisión, así como fallas en el suministro eléctrico.
- Capas de 1 a 2 cm. de ceniza puede provocar daños de suma importancia en la industria con equipamiento mecánico, eléctrico o químico. La maquinaria expuesta deberá ser sometida a cuidadoso procedimiento de limpieza, para evitar posteriores problemas por efecto de la abrasión. Igualmente la limpieza debe realizarse con maquinaria especialmente preparada para trabajar en medios muy abrasivos (Matsura et al., 1988; Satoh, 1988).

- La ceniza disminuye rápidamente la capacidad de filtración del suelo, taponando cañerías y cauces de agua, aumentando considerablemente el riesgo de inundaciones.
- Los efectos sobre la agricultura dependen del tipo de cultivo, de su grado de desarrollo y evidentemente del espesor de la capa de cenizas caídas (Cook, 1981). Sin embargo en climas cálidos la vegetación se recupera en muy poco tiempo. Como ejemplo se tiene la erupción del volcán Cerro Negro en Nicaragua, que dejó una capa de ceniza de 20cm en diciembre de 1995, pero que en septiembre de 1996 ya estaban completamente recuperadas.
- Este fenómeno afecta también a la ganadería, arruinando pastos y dañando considerablemente la lana de los animales
- Los gases retenidos en las cenizas se liberan lentamente, pudiendo provocar problemas respiratorios y asfixia, especialmente en las zonas donde la acumulación de ceniza es importante. Las personas que padecen de problemas respiratorios o alergias serían las más afectadas.
- Las cenizas pueden transportar ciertos elementos que pueden ser contaminantes al ser disueltos en las aguas de los ríos y manantiales. El cloro y los sulfatos, por su alta capacidad de disolución, son los más propensos a generar esta contaminación
- Los depósitos de ceniza pueden permanecer mucho tiempo sin fijar, especialmente en zonas áridas, siendo removidos fácilmente por el viento y propagándose a distancias mayores durante un largo período después de la erupción.
- Pueden ocasionar accidentes de automóviles (carreteras resbaladiza y escasa visibilidad). Accidentes aéreos, por ingreso de ceniza en los motores.

Fuente: Características de la Ceniza Volcánica. IG 2004.

## **ANEXO 4**

### **PROCESOS Y ELEMENTOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA AGUA POTABLE.**

#### **PREOXIDACIÓN**

Consiste en introducir en el agua un agente químico oxidante que reacciona con las materias orgánicas e inorgánicas disueltas en el agua, susceptibles de ser eliminadas por oxidación. Los agentes oxidantes normalmente utilizados son aire atmosférico (por su contenido en oxígeno), cloro, dióxido de cloro, permanganato potásico, ozono y agua oxigenada, bien solos o en combinación.

#### **COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN.**

Mediante la adición de reactivos (sales metálicas) y procesos de agitación rápida y lenta, se consigue agrupar partículas muy pequeñas cargadas eléctrica-mente (coloides) y que, por su pequeño tamaño y carga no sedimentarían nunca, siendo responsables, en gran medida, del color y la turbiedad del agua. El proceso se realiza neutralizando las cargas eléctricas que mantienen separadas a las partículas coloidales, con lo que éstas se agrupan aumentando de tamaño, es así entonces como rompen el equilibrio y decantan al fondo por gravedad.

#### **DECANTACIÓN**

El agua circula a baja velocidad en los decantadores donde, por la acción de la gravedad, se depositan en el fondo las partículas y las agrupaciones de coloides formadas en el proceso anterior. Del fondo, son extraídas en forma de fango, para su posterior tratamiento y secado.

## **FILTRADO SOBRE ARENA**

En este proceso se retienen las pequeñas partículas que no han sido extraídas en la decantación. Es, por tanto, un proceso de afine. Las pequeñas partículas quedan retenidas en los huecos existentes entre los granos de arena, al pasar el agua a través de un lecho de este material. El lecho de arena es lavado periódicamente, haciendo pasar en sentido contrario al del paso normal del agua, aire a presión y agua ya tratada. El agua de lavado se recupera enviándola a la cabecera del tratamiento.

## **NEUTRALIZACIÓN**

La acidez del agua se ajusta mediante la adición de reactivos químicos apropiados (cal o sosa). El objetivo es que el paso del agua no corroa las tuberías o provoque deposición de incrustaciones a la red de distribución.

## **DESINFECCIÓN FINAL**

Elimina los microorganismos que puedan sobrevivir tras los procesos anteriores. Para ello se adiciona al agua una sustancia oxidante (cloro o compuestos de cloro), que además garantiza la calidad del agua ante posibles contaminaciones accidentales, en su recorrido por la red de distribución. El tratamiento del agua puede exigir además la necesidad de instalar procesos específicos, en función de sus características especiales. Los más habituales son:

- Filtración sobre carbón activo: un filtro de carbón retiene, en sus microporos interiores, las moléculas que pueden dar al agua malos olores y/o sabores. El carbón puede ser utilizado en polvo o en grano.
- Ozonización: el ozono es utilizado como desinfectante y viricida, mejorando los caracteres organolépticos del agua. Este proceso se suele situar en la cabecera de la Estación o bien al final de los demás procesos.



– Ablandamiento: algunas aguas, por su dureza, han de ser sometidas a un proceso químico de afinación para la eliminación de sus sales de calcio y magnesio. Además de proporcionar una mayor calidad al agua, evita posibles problemas en la red de distribución (incrustaciones de cal).

## ANEXO 5

Dentro de la atención a las poblaciones afectadas en situación de crisis o emergencia que habitualmente no cuentan con servicios de agua y saneamiento, las agencias de ayuda humanitaria tienen definido estándares mínimos para las intervenciones en dotación de agua y saneamiento en cuanto a la calidad y cantidad de los servicios, orientados a conservar las condiciones mínimas para la vida, la salud y la higiene.

Indicadores básicos para la dotación de agua durante situaciones de emergencia y desastre

Acceso al agua y cantidad disponible

- Promedio de agua para beber, cocinar y realizar la higiene personal y doméstica: 15 litros por persona al día.
- Abastecimiento de agua en centros de salud: 40-60 litros por paciente por día.
- Máxima distancia permisible entre las viviendas y el punto más cercano de suministro de agua: 500 metros.
- Los puntos de abastecimiento de agua deben ser mantenidos de tal forma que se disponga consistentemente y con regularidad de cantidades apropiadas de agua.

Calidad del agua

- Las nuevas fuentes de agua que la situación de emergencia obligue a usar no deben tener más de 10 coliformes fecales por cada 100 mililitros.
- La concentración de cloro residual en agua entubada debe ser de 0,2-0,5 miligramos por litro y su turbiedad debe ser menor de 5 UNT.
- El total de sólidos en disolución en el agua no debe exceder 1.000 miligramos por litro.

Estos indicadores son utilizados generalmente por las instituciones de ayuda humanitaria bajo condiciones extremas, por lo cual las empresas e instituciones proveedoras de agua deben considerar niveles superiores en lo que se refiere a la

cantidad de agua ha suministrarse a la población durante situaciones de emergencia.

Fuente: El Proyecto Esfera. Carta Humanitaria y Normas Mínimas de Respuesta Humanitaria en Casos de Desastre. <http://www.sphereproject.org> UNICEF - El Salvador

## **ANEXO 6**

### **MANEJO DE DESASTRES EN AMERICA LATINA**

#### **Terremoto en El Salvador, 2001**

Los terremotos que se presentaron en El Salvador (2001) afectaron a más de 200 sistemas de agua y saneamiento, con daños por un monto de US\$ 11 millones.

Debido a las labores de emergencia se desembolsó cerca de US\$ 400.000 solamente por el concepto de distribución de agua por medio de camiones cisternas.

En 138 días se repartieron 98.700 metros cúbicos de agua, lo que equivale a un costo de 4 dólares por metro cúbico. Fuente: Asociación Nacional de Acueductos y Alcantarillado de El Salvador (ANANDA), 2001

#### **Huracán en Honduras, 1998**

En Honduras, luego del huracán Mitch (1998) hubo un retroceso de 30 a 40 años en los procesos de desarrollo.

Los daños en la infraestructura de agua potable y saneamiento sumaron cerca de US\$ 58 millones y los costos de reconstrucción estimados superaron los US\$196 millones.

Fuente: OPS/OMS. Crónicas de Desastres: Huracanes Georges y Mitch, 1999

Incendios ocasionados por terremotos

Los terremotos en San Francisco-Estados Unidos en 1906 y Kobe-

La experiencia de los terremotos de San Francisco Estados Unidos en 1906 y Kobe Japón en 1995, demostró que los incendios originados a raíz de los terremotos pueden causar mayores daños y pérdidas que el propio sismo.

Aunque ambas ciudades se encuentran cerca de la costa, el colapso de la red vial no permitió a los bomberos llegar hasta el mar para recargar sus equipos

### **Reforzamiento del acueducto de Orosi, Costa Rica**

Proteger los sistemas de abastecimiento de agua potable en los países en desarrollo es posible. El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado (AyA) redujo la vulnerabilidad de uno de los principales sistemas de abastecimiento de agua del país, el acueducto Orosi que abastece al casi 40% de la población de la capital del país, San José. A lo largo de 10 años, el trabajo sostenido en el estudio del riesgo e implementación de medidas de reducción de la vulnerabilidad y protección del sistema ha requerido la inversión de cerca de 1,5 millones de dólares (un monto equivalente al 2.3% del costo total del sistema). Esta inversión permitirá evitar pérdidas por un valor de 7.3 millones de dólares (5 veces el costo del programa) solo debido a los daños directos, a lo cual se suman los costos indirectos que incluyen:

- La pérdida de vidas humanas y propiedades en la comunidad de Orosi.
- La grave reducción en la producción nacional.
- El deterioro de la imagen institucional.
- Las posibles multas o demandas contra la institución y las autoridades.

### **Gestión del riesgo en las Empresas Públicas de Medellín, Colombia**

Desde 1999, las Empresas Públicas de Medellín establecieron dentro de su estructura orgánica la Coordinación de Riesgos de la Unidad Estratégica de Negocios de Aguas (UEN), para los servicios de acueducto y alcantarillado. Dentro de las funciones establecidas para la Coordinación de Riesgos de la UEN, se pueden destacar las siguientes:

- Identificación y análisis de riesgo.
- Aplicación y divulgación de metodologías de gestión de riesgo.
- Diseño, documentación e implementación de los proyectos de reducción de riesgo.
- Desarrollo e implementación de planes de emergencia y contingencia.

### **Tsunami en India, 2004 – La provisión de servicios en los procesos de reconstrucción**

Luego de tres meses del tsunami que en diciembre del 2004 devastó las áreas costeras de la India, la mayoría de iniciativas se enfocaron en la reubicación de las personas afectadas en nuevos asentamientos poblacionales, ya sea por el miedo de otro tsunami o debido a los planes gubernamentales para reducir la vulnerabilidad; el abastecimiento de agua en estos asentamientos fue central, a través de los sistemas de tratamiento y distribución municipal o mediante fuentes particulares y comunales. En otros casos las personas regresaron a su lugar de origen y reconstruyeron sus viviendas.

En ambos escenarios, los planes gubernamentales preliminares para la recuperación contemplaron un rubro significativo para el mejoramiento de los sistemas de agua y saneamiento, particularmente en las áreas más pobladas. Esta decisión sin precedentes abrió la oportunidad para implementar soluciones adecuadas y sostenibles que reflejen las mejores prácticas y recojan la experiencia en ingeniería y salud pública. Sin embargo, también existe el riesgo de que estos fondos se distribuyan posteriormente tomando en cuenta otras prioridades políticas o comerciales.

Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2005

## **El Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA) elabora instrumentos para la reducción del riesgo**

El Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), ente regulador de los servicios de agua y saneamiento de Nicaragua, a partir del impacto del huracán Mitch y la evidencia de la fragilidad de estos servicios, y luego de la realización de 28 diagnósticos de vulnerabilidad de sistemas de agua en Nicaragua, ha trabajado en la elaboración de herramientas que permitan a los operadores de los servicios reducir la vulnerabilidad de su infraestructura y estar debidamente preparados para atender situaciones de emergencia.

En los últimos años, el INAA ha elaborado algunas herramientas que contribuyen a que la gestión del riesgo y, en específico, la reducción de la vulnerabilidad sean considerados en el desarrollo de los servicios de agua y saneamiento en Nicaragua, pudiendo destacarse:

- Guías para la elaboración de estudios de impacto ambiental de proyectos de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario.
- Guía sobre términos generales para la elaboración de análisis de vulnerabilidad y planes de emergencia en los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario.
- Guía técnica para la reducción de la vulnerabilidad en los sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario.

Análisis del riesgo, un nuevo aporte a los planes maestros de abastecimiento de agua en las zonas urbanas

Durante años, los planes maestros de abastecimiento de agua de las grandes ciudades han sido llevados a cabo en base a estudios de demanda, los planes maestros de desarrollo urbano, planeamiento de las ciudades o las ordenanzas de zonificación.

En el 2003, la Comunidad Urbana de Marsella decidió llevar a cabo un estudio integral de la seguridad de su sistema de abastecimiento de agua, cubriendo además de la calidad del agua y la continuidad del abastecimiento, la seguridad de los bienes, las personas y el ambiente.

Este estudio implicó el inventario de las amenazas, la identificación y la clasificación de los riesgos según una clasificación predefinida. Dentro del alcance del estudio se incluyó los diferentes pasos del proceso de abastecimiento de agua, desde la fuente hasta las instalaciones de los usuarios:

- Fuente de abastecimiento, el Canal de Marsella y los pozos que abastece;
- Producción: plantas de tratamiento de agua potable;
- Unidades de almacenamiento;
- Redes de distribución.

El costo de implementación de este primer plan maestro para el abastecimiento del agua potable, llevado a cabo por la Comunidad Urbana de Marsella en coordinación con la Compañía de Abastecimiento de Agua de Marsella y que tiene un período de 20 años, es de 350 millones de euros.