

INFORME DE ALTERNATIVAS DE REGULACIÓN DEL USO DEL SUELO PARA ÁREAS EXPUESTAS A AMENAZAS NATURALES COMO APOORTE AL PLAN DE USO Y GESTIÓN DEL SUELO (PUGS) DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

INTRODUCCIÓN

La incorporación del conocimiento sobre las características y distribución espacial de las amenazas, vulnerabilidades y riesgos, principalmente de origen natural, en la planificación urbana y ordenamiento territorial es una estrategia para la prevención del riesgo de desastres que ha sido promovida en Latinoamérica desde la década de *los noventa* en el siglo pasado, sin mayor impacto en la mayoría de países en la región. No obstante, en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) se han efectuado avances importantes en este campo introduciendo el concepto de *zonas de riesgo* en el Plan de Uso y Ocupación del Suelo a partir de 2013, como una de las estrategias del Plan de Desarrollo 2012-2022 del DMQ. Otra estrategia efectiva que ha generado múltiples beneficios al Municipio del DMQ, ha sido la cooperación técnico-científica con la academia local, lo cual ha permitido incrementar el conocimiento y los potenciales impactos de los fenómenos peligrosos que podrían afectar al territorio del DMQ mediante la investigación, vigilancia y monitoreo de las amenazas.

Por otro lado, en la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo (LOOTUGS) de 2016, dispone en su Artículo 27 que los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) a nivel cantonal contendrán un Plan de Uso y Gestión del Suelo (PUGS). Para el caso del MDMQ, la propuesta del PUGS contiene dos componentes principales: Estructurante, donde se define la clasificación y subclasificación del suelo; y, Urbanístico, donde se definen polígonos de intervención territorial (PIT), tratamientos de intervención, aprovechamiento del suelo y estándares urbanísticos, entre estos últimos la **prevención de riesgos**.

En este sentido, la Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda (STHV), entidad responsable de la construcción del PUGS, solicitó la participación de la Dirección Metropolitana de Gestión de Riesgos (DMGR) en este proceso, ante lo cual se conformó un grupo de trabajo multidisciplinario entre las dos dependencias municipales, espacio en el cual se planificaron y desarrollaron varias actividades con la finalidad de prevenir el riesgo de desastres mediante la planificación territorial.

OBJETIVO

Reducir el riesgo de desastres en el Distrito Metropolitano de Quito mediante la incorporación del conocimiento actual de las amenazas naturales relevantes en la planificación del uso y ocupación del suelo, y de criterios técnicos para la intervención prospectiva y correctiva del riesgo que garanticen la seguridad y desarrollo sostenible de la población, sus bienes y medios de vida.

ALCANCE

Durante la primera etapa de trabajo se desarrolló y actualizó la cartografía temática de susceptibilidad y amenaza para cinco fenómenos naturales relevantes: movimientos en masa, inundaciones, subsidencia, erupciones volcánicas y sismos; posteriormente se realizaron talleres de trabajo multidisciplinarios con la finalidad de analizar las zonas de interés para el PUGS que presentan condiciones de alta exposición ante las diferentes amenazas determinadas. Con este antecedente, se

define que el alcance del presente informe consiste en emitir recomendaciones generales sobre las regulaciones urbanísticas ante las amenazas consideradas, enfocadas a zonas urbanas consolidadas y no consolidadas (o de bajo grado de consolidación), para prevenir o limitar el crecimiento y desarrollo en áreas potencialmente peligrosas.

DESARROLLO DEL INFORME

La estructura de la presentación de las alternativas de regulación, a nivel general, consiste en exponer en términos generales una explicación sobre cada fenómeno considerado, la síntesis de la metodología empleada para construir y delimitar las áreas de susceptibilidad o amenaza, los criterios a considerar para una correcta interpretación y uso de los polígonos de susceptibilidad o amenaza, y, recomendaciones técnicas generales sobre regulaciones urbanísticas.

Movimientos en Masa

1. **Definición.**- Los movimientos en masa son desplazamientos del terreno a favor de la pendiente que se generan por acción de la fuerza de gravedad, bajo la influencia de ciertos factores como son el agua, los eventos sísmicos, la aplicación de carga excesiva, las excavaciones para la adecuación de viviendas o la apertura de senderos y vías, entre otros. Estos movimientos producen cambios visibles en el terreno como agrietamientos, hundimientos e incluso desprendimientos de grandes cantidades de suelo o roca, de ahí que puedan ocasionar la destrucción y/o deterioro de la infraestructura pública, viviendas, cultivos y propiciar el represamiento de cauces de ríos o quebradas.
2. **Metodología.**- Uno de los métodos más flexibles para la determinación de la susceptibilidad a movimientos en masa es el de factores ponderados, el cual permite el ingreso de diferentes variables, las mismas que a través de un criterio de expertos es calificada y ponderada según su grado de importancia e influencia respecto al territorio donde se pretende implementar la metodología. Para el presente modelo de susceptibilidad se contó con los parámetros de pendiente del terreno y litología (como factores preponderantes), además de los factores geomorfología, cobertura vegetal con una ponderación menor. Una vez realizada la validación se procesó los insumos, obteniendo un modelo de susceptibilidad clasificado en zonas de Baja, Moderada, Alta y Muy Alta susceptibilidad a movimientos en masa.
3. **Criterios.**- Cada polígono dentro del producto de movimientos en masa representa un nivel de susceptibilidad basado en las variables determinadas, siendo las predominantes la litología y la pendiente del terreno, el nivel de susceptibilidad indica la probabilidad de que en ese sitio se generen movimientos en masa sin embargo no indica necesariamente el tiempo o la magnitud del evento que podría generarse, solo representa el hecho de que existen las condiciones físicas en mayor o en menor grado para la generación de los eventos ya indicados. **En tal virtud, estos polígonos deben ser usados como referencia tanto dentro del campo de la prevención como de la mitigación.** En el campo de la prevención debe ser utilizado para controlar el crecimiento poblacional hacia zonas donde existen condiciones de alta y muy alta susceptibilidad (medidas no estructurales) y en casos donde se pretenda habilitar el uso de suelo (edificabilidad) para exigir la implementación de las correctas obras estructurales de protección del terreno (mitigación inicial). En el campo de la mitigación, entendiendo que son zonas donde existe una consolidación poblacional, las zonas de alta y muy alta susceptibilidad deben ser manejadas mediante la implementación de medidas estructurales tanto públicas como privadas, según el caso. La determinación de zonas con niveles altos de susceptibilidad debe servir de igual manera de

referencia para la implementación de infraestructura pública, en los mismos campos de la prevención y mitigación, con la finalidad de evitar nuevas condiciones de riesgo, como ejemplos se tiene la implementación de infraestructura vial (cortes del terreno, cruces viales, colectores, descargas), alcantarillado y descargas de aguas servidas, entre otras.

4. *Regulaciones.*- a continuación se presentan recomendaciones generales con enfoque preventivo y correctivo:

PREVENCIÓN	MITIGACIÓN
<p>Limitar o prohibir la implantación de proyectos residenciales en zonas de alta y muy alta susceptibilidad frente a movimientos en masa, zonas que corresponden principalmente con laderas en las estribaciones de los complejos volcánicos Pichincha y Atacazo, en las laderas orientales que descienden a los valles del DMQ (Los Chillos, Conocoto, Cumbayá, Tumbaco), o en los escarpes de antiguos mega deslizamientos, donde, por sus altas pendientes es necesario hacer cortes en el terreno (taludes verticales), lo cual modifica las condiciones naturales de estabilidad de la ladera, y se generan nuevas condiciones de susceptibilidad en el terreno para originar fenómenos de remoción en masa.</p> <p>Prohibir la implantación de proyectos habitacionales y de infraestructuras en los bordes de ríos/quebradas por lo cual se debe reforzar y controlar el cumplimiento de las ordenanzas vigentes respecto a los retiros de borde de quebrada y taludes*.</p> <p><i>(*) Correlacionado con este tema es necesario actualizar las ordenanzas vigentes en función de criterios geológicos, geotécnicos, hidráulicos para determinar los retiros, entendiendo que son procesos dinámicos. Este tipo de insumos debe ser actualizado constantemente para conocer la evolución del de los procesos.</i></p> <p>Específicamente en los sectores ubicados en la cuenca del río Monjas, Calderón, Guayllabamba se deben restringir los proyectos urbanísticos en zonas de alta pendiente o colindantes a ellas, debido a que las características geomecánicas de los suelos aportan a su condición de inestabilidad de laderas y taludes, lo que quiere decir que son zonas altamente susceptibles a movimientos</p>	<p>Dentro del campo de la mitigación, entendiendo que corresponden a zonas con elementos expuestos (vulnerabilidad creada) se debe controlar el cumplimiento de las normas técnicas vigentes respecto a obras complementarias en actividades constructivas.</p> <p>Se debe impulsar la dotación de servicios básicos (vías, alcantarillado, agua potable) a zonas consolidadas regularizadas que estén ubicadas en áreas de alta susceptibilidad a movimientos en masa y con altos niveles de exposición, debido a que la falta de estas obras provoca el incremento de niveles de riesgo para la población y estructuras presentes.</p> <p>En áreas consolidadas que han sido evaluadas como zonas de alto riesgo no mitigable, se tiene que reubicar/relocalizar a la población afectada, o que hayan sido damnificadas a causa de eventos peligrosos por movimientos en masa, y asignar usos de protección ecológica al suelo recuperado mediante los procesos administrativos y legales respectivos.</p> <p>Áreas que fueron aprovechadas para actividades de extracción de materiales áridos y pétreos, de manera formal o informal, y que fueron abandonadas sin un cierre técnico (p. ej. Canteras de Pomasqui), tienen que ser intervenidas mediante la implementación de proyectos de reconfiguración geomorfológica que incluyan obras de estabilización de taludes o laderas, y reparación ambiental.</p>

<p>en masa, esta recomendación se extrapola a las zonas colindantes con los cauces existentes, ya que aun cuando no se tiene un régimen pluvial intenso, las características litológicas les vuelven altamente susceptibles a la generación de movimientos en masa en períodos de lluvias extraordinarias.</p> <p>Reforzar los instrumentos y mecanismos de control de construcción de viviendas sin autorización municipal, y del crecimiento de asentamientos humanos informales.</p>	
---	--

Inundaciones

1. **Definición.**- Las inundaciones se producen cuando lluvias intensas de corta duración o prolongadas sobrepasan la capacidad de retención e infiltración del suelo, por lo que la capacidad máxima de transporte del río o arroyo es superada, y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos circundantes. Las inundaciones son eventos naturales y recurrentes en las cuencas hidrográficas; según su duración pueden ser rápidas o lentas, o, según su origen pueden clasificarse en fluviales, pluviales o por fallos de infraestructura hidráulica. Por otro lado, las anegaciones se producen cuando un terreno no consigue drenar el agua y la retiene, para ello en zonas urbanas del DMQ se cuenta con un Sistema de Alcantarillado Combinado, es decir que aguas pluviales y sanitarias, en una misma sección, transitan en las redes de colectores hasta descargar a los cuerpos receptores (sean ríos o quebradas).
2. **Metodología.**- para el caso de la susceptibilidad por inundaciones, se empleó un método similar al de factores ponderados utilizado para generar la capa de susceptibilidad por movimientos en masa, el cual permite analizar y procesar diferentes variables mediante el criterio de expertos. En este caso, se trabajó a escala de barrios y se emplearon las siguientes variables: uso de suelo según PUOS, topografía (curvas de nivel), intensidad de lluvias (isoyetas), capacidad hidráulica de la red de alcantarillado, georreferenciación de eventos adversos relacionados con precipitaciones (base de datos del COEM). Una vez realizada la validación de los datos de entrada en el modelo, se realizó el procesamiento y se obtuvo como resultado la capa (shp) de susceptibilidad por inundaciones clasificado en zonas de Muy Baja, Baja, Moderada y Alta.
3. **Criterios.**- Se puede indicar que el peligro al que están expuestas las zonas que se categorizan con una Alta Susceptibilidad a Inundación, podría afectar a bienes materiales y vidas humanas si se presentan con períodos de retorno mayores, y consecuentemente con altas intensidades de lluvias en cortas duraciones de tiempo que no permiten la evacuación inmediata del agua pluvial. Una vez definida el shp de áreas susceptibles a inundaciones (y anegaciones), catalogando si es de Susceptibilidad Alto a Inundación, se debe revisar los posibles estudios, u obras requeridas para mejorar tanto el drenaje en la zona urbana o si se requiere un estudio a profundidad de obras emergentes a corto, mediano y largo plazo; con lo cual se pueda definir el costo de inversión que mitiguen los posibles efectos y precautelen la vida de los habitantes e infraestructura en estas zonas específicas.

4. *Regulaciones.*- a continuación se presentan recomendaciones generales con enfoque preventivo y correctivo:

PREVENCIÓN	MITIGACIÓN
<p>En zonas de alta amenaza o susceptibilidad por inundación que no estén desarrolladas o consolidadas, no deben autorizarse nuevas urbanizaciones.</p> <p>Asignar, controlar y hacer cumplir usos de suelo de protección ecológica en los bordes de ríos y quebradas, considerando sus características geológicas, geotécnicas e hidráulicas.</p> <p>Prohibir, controlar y sancionar la implantación no autorizada de rellenos y escombreras dentro de los cauces de cuerpos de agua (taludes y lecho). La empresa pública competente deberá emitir los parámetros normativos y técnicos para casos excepcionales.</p> <p>En el plan anual de prevención y respuesta para la época lluviosa, y en los planes operativos institucionales de las entidades municipales que corresponda, se deberá incluir o potenciar actividades permanentes y su presupuesto para la limpieza y mantenimiento de los cauces de ríos y quebradas, así como de la infraestructura hidráulica existente.</p>	<p>En zonas de alta amenaza o susceptibilidad por inundación donde ya existan urbanizaciones o viviendas expuestas, no se debe autorizar nuevas construcciones ni ampliaciones mientras no se defina si el riesgo es mitigable o no mitigable en la franja afectada; en este caso, los análisis de factibilidad (técnica y económica), los diseños y la construcción de las obras de mitigación hidráulica necesarias deberán ser responsabilidad de las instituciones de la corporación municipal y no de los dueños de los predios afectados.</p> <p>En áreas consolidadas que han sido determinadas como zonas de alto riesgo no mitigable, se tiene que ingresar a las familias afectadas al programa de reubicación o de relocalización vigente; también tienen derecho de ingresar a este programa quienes califiquen como población damnificada a causa de eventos peligrosos por crecidas súbitas o avenidas torrenciales (aluviones), y asignar usos de protección ecológica al suelo recuperado mediante los procesos administrativos y legales respectivos.</p> <p>En zonas consolidadas y que presenten alta susceptibilidad a inundaciones originada por anegaciones, se debería promover que la empresa pública competente analice si la infraestructura existente cumple con las condiciones técnicas y la capacidad hidráulica necesaria para la demanda actual y la proyectada en caso que se trate de una zona en expansión.</p>

Subsidencia

1. *Definición.*- el fenómeno de subsidencia implica el hundimiento de un área significativa del terreno debido a factores naturales que pueden combinarse con acciones humanas, lo cual provoca asentamientos y daños en construcciones e infraestructura vulnerables. En términos generales, el subsuelo en el sur del DMQ presenta características litológicas, geomecánicas, hidrogeológicas, particulares debido a su complejo origen geológico con influencia volcánica, tectónica,

sedimentológica en ambientes coluvial-aluvial-palustre; esto ha dado lugar a la formación de facies sedimentarias con secuencias de estratos complejos de interpretar, particularmente en una extensa franja ubicada al pie occidental de la Loma de Puengasí (Turubamba) y en ciertos sectores en el eje de la cuenca sedimentaria (Solanda-San Bartolo, Quitumbe). La caracterización geotécnica de los estratos de suelos en esta zona del DMQ ha comprobado la presencia de paquetes heterogéneos de suelos blandos cerca de la superficie en los primeros 30 metros de profundidad, cuya distribución espacial ha sido constreñida de manera preliminar.

2. *Metodología.*- Un estudio reciente de análisis de imágenes satelitales, que empleó una variante de la técnica INSAR, identificó áreas dentro de la mancha urbana del sur de Quito que han sufrido procesos de deformación de la superficie terrestre (hundimientos) durante el período 2014 a 2018, atribuyendo este fenómeno a una combinación de factores naturales y antrópicos. Estas áreas fueron delimitadas de manera preliminar con un margen de incertidumbre. Adicionalmente, a final de 2019 terminó la primera fase de estudio del proyecto de actualización de la microzonificación sísmica de Quito que precisamente abarcó una parte del sur de Quito (Solanda - Guamaní) que permitió la caracterización geotécnica de los estratos de suelos en esta zona del DMQ, verificando la presencia de paquetes heterogéneos de suelos blandos cerca de la superficie en los primeros 30 metros de profundidad, cuya distribución espacial ha sido constreñida de manera preliminar.
3. *Criterios.*- Según el conocimiento del subsuelo disponible hasta el momento, se puede decir de manera general que amplias zonas de las parroquias Turubamba (sector El Garrochal), Solanda, San Bartolo y Quitumbe presentan condiciones de susceptibilidad ante procesos de subsidencia. **La delimitación de estas zonas presenta incertidumbres por lo que no deben considerarse como límites absolutos y definitivos, sino de carácter orientativo para aplicar normativa que coadyuve a la prevención o mitigación del riesgo según sea el caso.** Áreas que actualmente estén poco desarrolladas podrían transformarse en zonas de alto riesgo por subsidencia si no se regula ni se controla el crecimiento urbano, lo cual, de no hacerlo, a mediano o largo plazo se tendría problemas mayores a lo que está sucediendo actualmente en algunos sectores de Solanda. Además, el desarrollo urbano informal identificado precisamente en Solanda, y las afectaciones notorias en las edificaciones e infraestructura (superficial y soterrada) por asentamientos de las construcciones, han incrementado su vulnerabilidad física ante potenciales terremotos que se originen en alguno de los segmentos del sistema de fallas de Quito, o de alguna falla geológica regional. Se debe comprender que la deformación del subsuelo depende de varios factores naturales (litología, hidrogeología, parámetros mecánicos de los suelos) y su interacción con las acciones humanas y su infraestructura, por lo que el proceso para otorgar permisos o licencias de habilitación y construcción en este tipo de suelos debe ser riguroso respecto a los estudios geotécnicos específicos (con metodologías especializadas para suelos blandos), a los diseños de cimentaciones y estructuras, y a controles estrictos durante la construcción permitida de edificaciones e infraestructura según los estudios y diseños aprobados.
4. *Regulaciones.*- a continuación se presentan recomendaciones generales con enfoque preventivo y correctivo:

PREVENCIÓN	MITIGACIÓN
<p>Las áreas que aún no presentan desarrollo urbano deberían asignarse usos de protección ecológica, y en zonas con bajo nivel de consolidación deberían asignarse usos residenciales de baja densidad y condicionar su uso con estudios geotécnicos específicos del suelo con métodos para suelos blandos, y con diseños de cimentaciones y de estructuras adecuados para este tipo de suelos, sustentados con estudios geotécnicos específicos con las consideraciones anteriores. Para las construcciones existentes (sobre todo en Turubamba) se debería solicitar un estudio específico del estado actual de sus cimentaciones.</p> <p>El MDMQ debe fomentar la inversión en proyectos de investigación y monitoreo con cooperación de instituciones académicas, enfocados a comprender mejor la naturaleza y evolución de la deformación del suelo, la evaluación de las vulnerabilidades de las edificaciones, infraestructura y población, y evaluación del riesgo de desastre. Es importante constreñir con mayor precisión las áreas susceptibles a subsidencia, así como su caracterización.</p>	<p>Las zonas donde existen altos niveles de consolidación urbana, y de manera particular en Solanda, se deben definir como polígonos de intervención territorial para analizar posibles alternativas e instrumentos de gestión que permitan resolver integralmente la problemática existente. Como medidas inmediatas se sugiere prohibir construcciones nuevas y ampliaciones verticales u horizontales. Se tiene que articular las decisiones tomadas en la mesa de trabajo liderada desde el despacho de la Alcaldía y sus asesores.</p> <p>Revisión de las condiciones de edificabilidad en las zonas identificadas como susceptibles a subsidencia (COS planta baja, COS total, altura, número de pisos, tipo de cimentación)</p>

Caídas piroclásticas

1. **Definición.-** El territorio del DMQ contiene y está rodeado por volcanes de edades geológicas recientes, algunos de ellos son altamente explosivos y peligrosos, pero con una recurrencia eruptiva de algunos miles de años (p.ej. Ninahuilca, Pululahua), pero otros volcanes cercanos que tienen una mayor frecuencia eruptiva de algunos siglos (p.ej. Cotopaxi, Guagua Pichincha, Cayambe) que pueden representar algún peligro para la integridad física de una parte de la población y causar afectaciones importantes a varios sectores como la movilidad (terrestre y aérea) o producción ante la presencia de grandes nubes eruptivas y la consecuente caída de material piroclástico (ceniza, lapilli y bombas). La dispersión y consecuente caída de piroclastos está relacionada con varios factores como el estilo eruptivo del volcán, la magnitud y duración de la erupción, la altura de la nube eruptiva, la velocidad y dirección del viento a la máxima altura de la nube eruptiva, entre los principales.
2. **Metodología.-** Los archivos shp reflejan áreas que podrían ser afectadas con ciertas cantidades de piroclastos de erupciones violentas de los volcanes Guagua Pichincha y Ninahuilca; las isolíneas que dividen las diferentes superficies de potencial afectación fueron definidas con base en datos de campo de erupciones pasadas, conocimiento de los efectos de erupciones pasadas y modelos numéricos.

3. *Criterios.*- Mientras más cerca se está ubicado de la fuente eruptiva, el riesgo de sufrir afectaciones es más alto debido a la mayor cantidad de piroclastos de gran tamaño que se depositaría. Estas áreas están delimitadas por isolíneas que representan límites teóricos de la potencia o grosor del manto de piroclastos resultante, sin embargo, se tiene que considerar las incertidumbres asociadas al fenómeno natural y al método utilizado. Se debe tomar en cuenta la recurrencia eruptiva de los volcanes existentes, activos y aquellos que podrían reactivarse, y la magnitud de sus erupciones; por la cercanía con el DMQ son más peligrosos los volcanes Guagua Pichincha, Cotopaxi, Antisana, Atacazo-Ninahuilca y Pululahua; sin embargo, existen otros centros eruptivos que a pesar de su lejanía, también podrían ocasionar afectaciones en nuestro territorio, como fue el caso del volcán Reventador en 2002, también son incluidos en este grupo los volcanes Sangay, Cayambe, Quilotoa, Imbabura.
4. *Regulaciones.*- a continuación se presentan recomendaciones generales con enfoque preventivo y correctivo:

PREVENCIÓN	MITIGACIÓN
Se sugiere aplicar normativas que desincentiven el crecimiento urbano (formal e informal) sobre las Laderas del Pichincha y del Atacazo, y en los alrededores del Pululahua, ya que son zonas cercanas a estos centros eruptivos, y por tanto, de alta amenaza por caída de material piroclástico de diferentes tamaños en caso de su reactivación.	Como parte de la normativa, también se recomienda regular el mantenimiento frecuente de las cubiertas y sistemas de drenaje de agua lluvia en todas edificaciones, y, donde se pueda, se sugiere normar el tipo de cubierta, sus materiales e inclinación, para prevenir la acumulación excesiva de ceniza en cubiertas vulnerables.

Flujos Laháricos

1. *Definición.*- Los flujos laháricos son mezclas de material sólido de origen volcánico (arena, grava bloques) de una gran variedad de tamaños, que al mezclarse con agua se forma un fluido de alta densidad que desciende por los drenajes naturales del volcán a altas velocidades, con alta capacidad erosiva y destructiva. Los lahares pueden ser primarios si se originan durante una erupción volcánica (como se espera que ocurra en el volcán Cotopaxi por el derretimiento parcial del glaciar), o secundarios si su origen no coincide con un evento eruptivo y la fuente de agua sería principalmente de las precipitaciones (como se espera que ocurra en los casos del Pichincha y Atacazo). Estos flujos causan gran impacto en zonas pobladas, destruyendo y enterrando total o parcialmente edificaciones y redes de servicios, y provocando pérdidas humanas.
2. *Metodología.*- Los archivos shp presentados representan zonas de alta amenaza por flujos laháricos para los volcanes Cotopaxi, Pichincha y Ninahuilca (Atacazo), y fueron desarrollados por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IGEPN) mediante levantamientos geológicos, investigación histórica de erupciones pasadas y modelaciones numéricas; estos resultados han sido publicados en mapas de amenazas volcánicas a escalas regionales y representan escenarios eruptivos conocidos geológicamente. Para el caso particular de las zonas de amenaza por lahares del volcán Pichincha, el IGEPN construyó el escenario planteado asociándolo a una erupción similar a la registrada hace 1.000 años aproximadamente, con un Índice de Explosividad Volcánica (VEI, por sus siglas en inglés) mayor a 4, pero que tiene en teoría menor probabilidad de ocurrencia. A

futuro se podrían elaborar zonas de amenaza por lahares para escenarios menores en magnitud y de mayor probabilidad de ocurrencia.

3. *Criterios.*- Los tres volcanes considerados han sido ampliamente estudiados y cuentan con sofisticados sistemas de monitoreo, en particular el Cotopaxi y Guagua Pichincha. Por otro lado, debido a que las zonas de amenaza por lahares de estos dos volcanes han sido ocupadas y desarrolladas, formal o informalmente, ya existe una condición de alto riesgo, por lo que es importante como medida de reducción de riesgos fortalecer el conocimiento y la preparación de la población, fortaleciendo sistemas de alerta temprana y planes de evacuación, pero también es importante no densificar más ni permitir nuevas construcciones. También se recomienda promover la transferencia del riesgo mediante la contratación de seguros privados contra desastres de origen natural para sus bienes (viviendas, menaje, vehículos). En zonas de alta amenaza de lahares donde aún no hay ocupación o su densidad es baja, se tiene que restringir su desarrollo. Los sistemas de servicio como agua potable, deben contar con sistemas redundantes para evitar la posibilidad de una situación de desabastecimiento que pueda provocar problemas de higiene y salubridad en la población.
4. *Regulaciones.*- a continuación se presentan recomendaciones generales con enfoque preventivo y correctivo:

PREVENCIÓN	MITIGACIÓN
<p>En las áreas que presentan amenaza por flujos laháricos no deben autorizarse nuevos proyectos urbanísticos ni nuevas edificaciones, para no incrementar el riesgo. No obstante, la permanencia de las edificaciones y la infraestructura existentes queda sujeta a un análisis detallado de riesgo (incluyendo factibilidad técnica y financiera), que permita definir si es una condición de riesgo mitigable o no.</p> <p>Las áreas no consolidadas del flanco nororiental del Atacazo que corresponde a la parroquia Guamaní, y las quebradas existentes, deben ser controladas para evitar que sigan apareciendo asentamientos humanos informales. En este mismo sentido se debe controlar las laderas del Pichincha y sus quebradas, así como las márgenes del río Pita y San Pedro que corresponden a la jurisdicción del DMQ.</p>	<p>Como medida de mitigación del riesgo por flujos laháricos se sugiere fortalecer las redes de monitoreo y los sistemas de alerta temprana, así como la preparación y fortalecimiento de capacidades de respuesta de la población en riesgo y de las instituciones públicas competentes.</p>

Eventos Sísmicos

1. **Definición.**- El territorio del DMQ está expuesto a los efectos negativos de terremotos que pueden originarse en distintas fuentes sísmicas como la zona de subducción frente al margen costero y sistemas de fallas geológicas corticales al interior del territorio continental de Ecuador. Debido a su proximidad, el Sistema de Fallas Inversas de Quito es considerado como la fuente sísmica de mayor peligrosidad para el DMQ debido al efecto “hanging wall”, lo que quiere decir que la energía liberada durante un terremoto es transmitida principalmente hacia el bloque superior del plano de falla. Este sistema de fallas tiene una longitud aproximada de 60 km en sentido Norte-Sur, y se extiende desde San Antonio de Pichincha hasta Tambillo en cinco segmentos principales, los cuales podrían generar sismos de magnitudes máximas probables entre 5,9 a 6,4 de manera individual (escenario más probable), pero también existe la posibilidad de una ruptura simultánea de todos los segmentos lo que provocaría un sismo potencial de magnitud 7,1 (escenario poco probable).
2. **Criterios.**- El peligro sísmico puede ser definido por la aceleración máxima del terreno (PGA, por sus siglas en inglés), que para el DMQ, ha sido definido en la Norma Ecuatoriana de Construcción vigente en 400 cm/s^2 , o lo que es lo mismo, 40% del valor de la Gravedad (0,4 g, *valor en roca*) para sismos que tengan un período de retorno de 475 años (*probabilidad del 10% de exceder ese valor de aceleración del suelo al menos una vez en los próximos 50 años*). Sin embargo, estudios recientes presentaron un nuevo modelo de amenaza sísmica para Ecuador, donde se determinó que el valor de PGA para la zona del DMQ es de 500 cm/s^2 (en roca). Esto implica que, debido al contexto geológico de la cuenca volcano-sedimentaria de Quito y a su compleja estratigrafía, se esperarían mayores aceleraciones del suelo en superficie, que aquellas que han sido definidas en estudios anteriores de microzonificación sísmica en Quito, por lo cual es necesario y urgente actualizarlos. En este sentido, se debe prestar mayor atención a las zonas del sur del DMQ donde se han identificado suelos blandos, a los rellenos de quebradas y a las laderas que son susceptibles a deslizamientos.
3. **Regulaciones.**- a continuación se presentan recomendaciones generales con enfoque preventivo y correctivo:

PREVENCIÓN	MITIGACIÓN
<p>Impulsar el cumplimiento de la normativa de construcción vigente para diseñar y construir con parámetros de sismo-resistencia.</p> <p>Actualizar el estudio de microzonificación sísmica y desarrollar la microzonificación geotécnica del DMQ que determinen los parámetros ingenieriles específicos para el diseño de estructuras sismo-resistentes.</p> <p>Como parte del proceso de licenciamiento para nuevas construcciones y ampliaciones se tiene que fortalecer la revisión de los cálculos y diseños estructurales y de cimentaciones, normando las metodologías específicas de los estudios geotécnicos que deberán ser aplicadas en zonas de suelos blandos.</p>	<p>Promover el cumplimiento de la normativa vigente para reconocer y/o regularizar las construcciones informales existentes en condiciones de seguridad.</p> <p>Promover la creación de programas para reforzamiento gradual de edificaciones esenciales como hospitales y centros de salud, unidades educativas, edificios públicos, estaciones de bomberos, etc.</p>

Reforzar los instrumentos y mecanismos de control de construcción de viviendas sin autorización municipal, y del crecimiento de asentamientos humanos informales.

Restringir la ubicación de nuevos proyectos urbanísticos en áreas susceptibles a problemas geológicos-geotécnicos (movimientos en masa, subsidencia, licuefacción, rellenos).

Elaboración	Revisión y aportes
Ing. Jorge Ordóñez	Ing. Gabriela Arellano
Ing. Luis Albán	
Ing. Sheimy Peña	

**DIRECCIÓN METROPOLITANA DE GESTIÓN DE RIESGOS
SECRETARÍA GENERAL DE SEGURIDAD Y GOBERNABILIDAD**