



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

-INSTITUTO DE GEOGRAFÍA-

VULNERABILIDAD FÍSICA EN ZONAS HABITACIONALES A PROCESOS
DE REMOCIÓN EN MASA ASOCIADOS A LA ACTIVIDAD MINERA DE
MATERIALES PÉTREOS, EN EL MUNICIPIO DE CALIMAYA, ESTADO DE
MÉXICO

**INFORME ACADÉMICO POR EXPERIENCIA O PRÁCTICA
PROFESIONAL**

MODALIDAD: TRABAJO MONOGRÁFICO

PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN GEOGRAFÍA

PRESENTA:

LIDIA ALEJANDRA GONZÁLEZ BECERRIL

ASESORA:

DRA. NAXHELLI RUÍZ RIVERA

IIG. UNAM

MÉXICO D.F. AGOSTO DE 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), por el apoyo brindado durante los estudios del posgrado en Geografía en el Instituto de Geografía de la UNAM, gracias.

A la Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México, por brindarme el apoyo en el inicio, desarrollo y culminación de esta investigación, particularmente al Dr. Noel Bonfilio Pineda Jaimes, le externo mi sincero agradecimiento.

A mi asesora, Dra. Naxhelli Ruiz Rivera por brindarme su apoyo, orientación y compartir sus conocimientos para el desarrollo de este trabajo. Gracias.

Agradezco a mis sinodales Dra. Silke Cram Heydrich, Mtra. Oralia Oropeza Orozco, Dr. Noel Bonfilio Pineda Jaimes y Dra. Patricia Flores Olvera por la revisión del documento y sus valiosas observaciones. Gracias.

A las personas que directamente o indirectamente me apoyaron en las visitas a la zona de estudio y trabajo de campo, particularmente a la Dra. Patricia Flores Olvera por su orientación y conocimientos en estas actividades. ¡Muchas gracias!

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi familia con quien he compartido mi vida

A mis padres Cristino y Esperanza, por darme la oportunidad de poder coincidir en esta vida y orientarme en el transcurso de ella. ¡Gracias papas! por todo, los amo.

A mi esposo Mario A., por brindarme su amor y apoyo incondicional en todo momento... Gracias Amor!.

A ti, Ronaldo que me has completado mi vida desde el momento que fuiste concebido. Te amo, Hijo!.

¡ Andrea, donde quiera que te encuentre hija, te extraño, te amo y te llevo en mi corazón!

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	8
Planteamiento del problema.....	11
Antecedentes.....	15
Justificación	19
CAPÍTULO I MARCO CONCEPTUAL.....	20
1.1 Conceptualización de la vulnerabilidad.....	20
1.2 Conceptualización de la exposición	21
1.3 Conceptualización de remoción en masa.....	21
CAPÍTULO II MARCO METODOLÓGICO	25
2.1 Revisión bibliográfica.....	25
2.2 Trabajo de campo.....	26
2.3 Nivel de vulnerabilidad físico estructural de las zonas habitacionales.....	27
CAPÍTULO III CONSIDERACIONES LEGALES EN MINAS Y FRACCIONAMIENTOS	33
3.1 Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-002-SMA-DS-2009	33
3.2 Código de Edificación de Vivienda en México.....	38
3.3 Políticas de Desarrollo Urbano del municipio de Calimaya	42
3.4 Clasificación de la vivienda de acuerdo con la tipología usada por INEGI y CENAPRED	43
3.5 Elementos considerados de aspectos legales en minas y fraccionamientos.....	47
CAPITULO IV. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	50
4.1 Ubicación del municipio	50
4.2 Características físicas	52
4.3 Componentes bióticos.....	57
4.4 Características demográficas.....	61

4.4.1 Uso de suelo	63
4.4.2 Actividades económicas.....	64
4.4.3 Actividad minera.....	64
CAPITULO V. VULNERABILIDAD FÍSICA DE LA ZONA HABITACIONAL DERIVADA DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA, ASOCIADOS A LA ACTIVIDAD MINERA..	
5.1 Condiciones físicas de los elementos expuestos a los procesos de remoción en masa.....	68
5.2 Estimación del grado de vulnerabilidad físico-estructural en zonas habitacionales.....	77
5.3 Cumplimiento de la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-002-SMA-DS- 2009.	90
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
BIBLIOGRAFÍA	98
Anexo 1.....	101
Anexo 2.....	103
Anexo 3.....	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Desprendimientos y caídas	23
Figura 2. Deslizamientos	24
Figura 3. Esquematación de la Metodología.....	32
Figura 4. Vivienda de mampostería adecuadamente confinada	46
Figura 5. Vivienda de mampostería deficiente confinada	47
Figura 6. Tipo de materiales en las minas Colinoli, Guadarrama y Magdalena	71
Figura 7. Pendientes abruptas y desprendimiento de materiales.....	72
Figura 8. Topografía del terreno en minas	74
Figura 9. Topografía del fraccionamiento Villas del Campo	74
Figura 10. Cultivos en la zona de estudio.....	75
Figura 11. Hundimientos y fisuras en cultivos.....	75
Figura 12. Vegetación con grados de inclinación	76
Figura 13. Mina Guadarrama.....	84
Figura 14. Mina Magdalena	86
Figura 15. Zona agrícola y la cercanía a minas	90

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Localización del municipio de Calimaya de Díaz González.....	51
Mapa 2. Topográfico.....	53
Mapa 3. Geología	58
Mapa 4. Edafología.....	59
Mapa 5. Áreas Naturales Protegidas	62
Mapa 6. Ubicación de bancos de materiales	66
Mapa 7. Uso de suelo de la zona de estudio	70
Mapa 8. Nivel de Vulnerabilidad Física Estructural en Zonas Habitacionales	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios para la evaluación de la vulnerabilidad	27
Tabla 2. Variables e indicadores para la amenaza por deslizamientos.....	28
Tabla 3. Propuesta de inclusión de variable exposición.....	30
Tabla 4. Ponderaciones y valores para la amenaza por deslizamientos	30
Tabla 5. Especificaciones de ubicación de un sitio en la exploración y extracción	35
Tabla 6. Procedimientos antes, durante y posterior a las labores de la mina	36
Tabla 7. Tipología de la vivienda en el Estado de México	40
Tabla 8. Diversidad y densidad de viviendas	40
Tabla 9. Condicionantes para la creación de nuevos Conjuntos Habitacionales..	41
Tabla 10. Requerimiento total de vivienda 2015-2020. Escenarios programáticos..	43
Tabla 11. Viviendas según el tipo de materiales para la construcción.....	44
Tabla 12. Tipos de vivienda con base en información técnica.....	45
Tabla 13. Áreas naturales protegidas en el municipio de Calimaya	60
Tabla 14. Conjuntos Urbanos autorizados 1999 al 2012.....	63
Tabla 15. Minas del municipio de Calimaya, 2013	65
Tabla 16. Altura y colindancia entre las minas y las zonas habitacionales.....	73
Tabla 17. Evaluación de completitud del fraccionamiento Villas del Campo.	78
Tabla 18. Evaluación de completitud de las zonas habitacionales en colindancia con las minas Guadarrama y Magdalena.....	79
Tabla 19. Puntuación de los indicadores para el fraccionamiento Villas del Campo.....	80
Tabla 20. Puntuación de los indicadores de la zona urbana colindante con las minas Guadarrama y Magdalena	81
Tabla 21. Nivel de vulnerabilidad del fraccionamiento Villas del Campo colindantes con mina Colinoli	82
Tabla 24. Resultados de la vulnerabilidad física estructural de las zonas habitacionales con colindancia a los bancos de materiales pétreos.	87
Tabla 25. Matriz de cumplimiento con la norma técnica ambiental NTEA-002-SMA- DS-2009.....	91

INTRODUCCIÓN

Las condiciones físicos-geográficas que caracterizan al Estado de México y en particular al municipio de Calimaya de Díaz González, han favorecido la existencia y explotación de materiales no metálicos (no concesionables por el Gobierno) llamados materiales pétreos, desarrollándose en este municipio la actividad minera, que representa actualmente la segunda actividad de importancia económica para los habitantes del lugar.

De acuerdo con el Instituto de Fomento Minero y Estudios Geológicos del Estado de México, actualmente en el municipio se encuentran 12 minas activas de diferentes empresas particulares, que comercializan el material que se extrae de éstas, como la arena, grava y tepojal, productos que son distribuidos en los municipios circundantes como Toluca de Lerdo, Metepec, Tenango del Valle, Santa María Rayón y Mexicaltzingo entre otros.

La exploración y explotación de nuevos yacimientos de materiales pétreos ha originado cambios en el uso de suelo, manifestándose a través de la apertura de nuevos lugares para extracción, sin que éstos posean un control adecuado, lo que ha promovido, por un lado, la disminución de las áreas destinadas para la agricultura a pesar de ser ésta la vocación natural del suelo. Por otro lado, el acelerado crecimiento de la población que se ha presentado en el municipio de Calimaya en los últimos años, ha permitido la proliferación de nuevos fraccionamientos auspiciados por empresas dedicadas a la construcción, que son autorizados cerca de los bancos de materiales pétreos.

La cercanía que presentan los fraccionamientos en relación con los bancos de materiales pétreos es preocupante, ya que derivado de la actividad minera que se desarrolla, existe evidencia de desprendimientos de materiales en las paredes – inestabilidad de laderas- colindantes con estas zonas habitacionales y en áreas de cultivos.

Este trabajo aborda el estudio de la vulnerabilidad física estructural que se presenta en las zonas habitacionales contiguas a los bancos de materiales

pétreos, visto a partir de los procesos de remoción en masa producto de la actividad minera planteando como objetivo:

Analizar la vulnerabilidad física del fraccionamiento Villas del Campo, zonas habitacionales y las áreas agrícolas contiguas a la Mina Colín S.A de C.V del municipio de Calimaya de Díaz González, estado de México.

Particularizando en:

- Las condiciones físicas de los elementos expuestos a los procesos de remoción en masa –zonas habitacionales y agrícolas-.
- El grado de susceptibilidad de procesos de remoción en masa por la actividad minera.
- Cumplimiento de la normatividad establecidas para las minas y zonas habitacionales y su relación con el grado de afectación por los procesos de remoción en masa.

Para determinar la vulnerabilidad física en zonas habitacionales, se empleó la metodología de vulnerabilidad física estructural propuesta por Yépez y D' Ayala (2012), la cual permite estimar el nivel de vulnerabilidad a nivel municipal, predio o manzana ante alguna amenaza, aplicándose en este caso a la inestabilidad de laderas (deslizamientos y caída de materiales).

En ésta se propone la utilización de indicadores e índices cualitativos de evaluación de la vulnerabilidad de manera que sea posible describirla y caracterizarla. Aunado a los indicadores propuestos por Yépez, se consideró incluir la variable exposición al peligro, dada por la cercanía de las zonas habitacionales a los bancos de materiales pétreos.

Los resultados obtenidos al aplicar la metodología específica en las zonas susceptibles a presentar vulnerabilidad física, como en el fraccionamiento Villas del Campo y las zonas habitacionales contiguas a los bancos de materiales pétreos, permitieron clasificarlas en zonas de alta, media y baja vulnerabilidad.

Para obtener la información empleada en el análisis de la vulnerabilidad se propuso el uso de dos instrumentos -fichas de campo-, en los que se recabó la información cualitativa y cuantitativa de la zona de estudio, tomando en

consideración lo establecido en la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-002-SMA-DS-2009, que regula la exploración, explotación y transporte de minerales no concesionables en el Estado de México, expedidas en el año 2010, y los lineamientos establecidos por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2014).

El documento está estructurado en cinco capítulos, el primero enmarca al trabajo en la parte teórica desde el punto de vista de la vulnerabilidad, exposición y remoción en masa. El segundo aborda la metodología empleada para determinar los niveles de vulnerabilidad física estructural propuesta por Yépez *et. al.* (2012).

Se consideró incluir un tercer capítulo con las especificaciones legales sobre exploración y explotación en minas; así como las condiciones que se deben cumplir para la creación de nuevos fraccionamientos a partir del Código de Edificación de la Vivienda, y lo establecido por el Plan de Desarrollo Urbano Municipal de Calimaya, los cuales se tomaron en cuenta tanto en la metodología como en el trabajo en campo.

En el cuarto capítulo se caracteriza la zona de estudio desde el punto de vista físico, incluyendo los antecedentes geológicos y socioeconómicos de la zona, que influyen tanto en las minas, como para la creación de nuevos fraccionamientos.

En el quinto capítulo se presentan los resultados obtenidos derivados de las evaluaciones aplicadas a las zonas habitacionales, así como las cuestiones físicas de los elementos expuestos a procesos de remoción en masa –deslizamientos- y el análisis del cumplimiento de la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-002-SMA-DS-2009.

Finalmente, se realizan conclusiones y sugerencias referentes a los resultados obtenidos de la zona de estudio con respecto a la vulnerabilidad y recomendaciones generales a nivel municipal en el proceso de gestión del riesgo.

Planteamiento del problema

En las últimas décadas han sido notorios los efectos por la presencia de fenómenos naturales, incluso los datos de daños a infraestructura y víctimas humanas han sido cada vez mayores. Sin duda los fenómenos que han tenido mayor impacto han sido los de origen hidrometeorológico, sin embargo, existen otros de menor escala como los procesos de remoción en masa, que pueden tener un importante impacto a nivel local. Es importante también mencionar que los estudios sobre los distintos tipos de riesgos han ido en incremento, sin embargo, no se puede dejar a un lado el análisis de los elementos que pueden ser vulnerables a dichos procesos, por tanto es de suma importancia llevar a cabo un serio estudio de este factor interno del riesgo.

Los procesos de remoción en masa son procesos naturales que forman parte del equilibrio del modelado de la superficie terrestre, su manifestación se debe a una serie de condiciones geológicas, geomorfológicas, hidrológicas o edáficas, entre otras, y se aceleran cuando se combinan con factores antrópicos o bien con eventos disparadores como la sismicidad, vulcanismo o las intensas lluvias. Uno de los factores que poco se ha estudiado es la presencia de minas; es notorio que en ellas se lleven a cabo procesos de remoción en masa pero no han sido bien documentados a nivel local y/o municipal. Por ello se considera importante estudiar la zona de minas en el municipio de Calimaya, Estado de México, en donde la información es nula.

El Estado de México ha sido tradicionalmente minero desde la época de la colonia, siendo fundado el primer distrito minero en el año 1572, y se ha caracterizado por la explotación de minerales metálicos y en la actualidad por el aprovechamiento de los minerales no metálicos, entre ellos los materiales pétreos¹.

La actividad minera estatal presenta una importancia económica y estratégica en la explotación de materiales pétreos, misma que se manifiesta por suministrar

¹ Materiales pétreos: Son los materiales naturales, o estos adaptados por el hombre, que sirven como base para elaborar elementos componentes de una obra civil o arquitectónica. <http://www.arghys.com/articulos/petres-materiales.htm> fecha de consulta enero 2013.

los diversos materiales a la industria que se dedica a la construcción; materias primas para elaboración de cemento, agregados hidráulicos, diferentes tipos de roca, bloques o artesanías, material para la infraestructura terrestre, todos ellos, enmarcados como minerales no concesibles² (GEM, 2011).

En este contexto, el área de estudio se centra al municipio de Calimaya perteneciente a la región minera de Metepec, de acuerdo al Servicio Geológico Mexicano 2011. Desde la época de la Colonia parte de su población se ha dedicado a las actividades primarias, entre ellas a la minería, dado que es una zona con aptitud minera, pues se encuentra sobre depósitos volcanoclásticos producto de la actividad eruptiva del Nevado de Toluca. Este volcán presentó varias fases eruptivas, la última fue hace aproximadamente 10 mil años y se considera tuvo tres etapas de erupción donde se arrojaron grandes volúmenes de material piroclástico, además de la extrusión de varios domos dacíticos (Cantagrel *et al.*, 1981). Producto de estas fases encontramos dos formaciones características: Pómez Toluca Inferior y Pómez Toluca Superior, por consiguiente, en el municipio estos depósitos permiten la explotación de bancos o yacimientos de materiales pétreos como: la arena, tepojal, grava y arcilla, utilizados para la industria de la construcción.

De acuerdo al Instituto de Fomento Minero y Estudios Geológico del Estado de México (IFOMEGEM), se tiene un registro para el 2014 de 33 minas, de las cuales el 63.6% son inactivas y 36.4% están activas y abarcan una extensión de 393.89 ha. En la minas activas se extrae un volumen de 1'562,100 m³ de materiales como arena, grava, tepojal, tepetate y arcilla común; debido a esta extracción y a la falta de cumplimiento establecido en la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-002-SMA-DS-2009, en donde se especifica que "los taludes finales con alturas superiores a 15 metros deberán contar con una berma³ en proporción 3.1 (tres unidades verticales por una horizontal) y/o con taludes que correspondan al ángulo natural de reposo del material suelto del que se trate"; se han generado y

² Minerales no concesibles. Las rocas o los productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción, ornamento de obras o se destinen a este fin. NTEA, 2010

³ Berma: Franja de terreno al pie de los taludes, para la estabilización. NTEA, 2010

propiciado barrancas y derrumbes lo cual pone en peligro tanto a los trabajadores como a los vecinos del lugar.

Con respecto a las minas inactivas en la mayoría de ellas han quedado grandes socavones de 15 a 60 metros de profundidad, los cuáles ocupan una superficie aproximada de dos a seis hectáreas por socavón y son considerados como espacios ociosos que contribuyen a la erosión del suelo provocando además desequilibrio ambiental y riesgos a los vecinos del lugar en especial a los habitantes de casas-habitación, así como a los transeúntes. Por otro lado, se ha propiciado la generación de tiraderos a cielo abierto de diferentes residuos con las consecuencias a la salud que ello implica. A pesar que en la NTEA, se establece que una vez finalizada la explotación del recurso, se deberán de realizar las actividades de rehabilitación de acuerdo a la vocación natural del terreno, así como la nivelación general del piso de la mina y las bermas deberán ser cubiertas con una capa de suelo fértil, en más del 90% de las mismas no se lleva a cabo esta rehabilitación.

Por otro lado, la explotación minera ha propiciado un cambio de uso de suelo principalmente al noreste de la cabecera municipal, la cual gradualmente ha desplazado a la actividad agropecuaria. La agricultura, en 2011, ocupaba un 64.29% del total de la superficie del municipio, con tierras donde prevalecían monocultivos de temporal, principalmente maíz, avena forrajera, zanahoria y papa. Los agricultores que se han visto afectados por la actividad minera al estar en colindancia con las minas, han preferido vender sus terrenos a los dueños de éstas, antes de que existan derrumbes por socavamiento en sus terrenos y ponga en peligro su maquinaria (tractores) y/o los animales que se utilizan para la actividad agrícola; como ejemplo de esto, la mina el Ocho y medio S.A de C.V., se encuentra inmersa en la zona de agrícola de la porción noroeste de la cabecera municipal de Calimaya.

Aunado a lo anterior, se ha propiciado un mayor cambio del uso agrícola al habitacional por el crecimiento del área urbana, ya que a partir del año 2000 se han creado nuevos fraccionamientos, conjuntos habitacionales y zonas residenciales por los desarrollos inmobiliarios como casas Geo, entre otros, los

cuales se han asentado cerca de minas. Ejemplo de ellos es el fraccionamiento Arboledas Calimaya – Villas del Campo, cuya barda perimetral se encuentra a escasos 20 o 50 cm del socavón de la mina “Triturados pétreos Colinoli S. A. de C. V”; con lo cual evidentemente queda expuesto el fraccionamiento a procesos de remoción en masa asociados a una posible inestabilidad producto de la actividad minera.

En resumen, debido a que las minas han sido creadas en esta zona para explotar los materiales pétreos derivados de la actividad volcánica del Nevado de Toluca, esto ha propiciado los cambios en el uso del suelo de aptitud agrícola hacia la actividad minera. Las minas se aproximan al área urbana quedando éstas expuestas a diferentes procesos de remoción en masa, como son los deslizamientos de tierras, desprendimientos y caída de materiales que afectan también a los desarrollos urbanos, por lo tanto, debe de ser visto bajo criterios normativos específicos, como lo son las normas que regulan la exploración, explotación y transporte de minerales no concesionables, así como de las especificadas para la apertura de fraccionamientos y zonas urbanas.

Antecedentes

Un fenómeno que poco se ha estudiado a nivel nacional e internacional ha sido la explotación de las minas a cielo abierto de materiales pétreos y las consecuencias que se ocasionan por la actividad misma, como son el desprendimiento o la caída de materiales, siendo uno de los procesos de remoción en masa, que ponen en una situación de riesgo la construcción de grandes fraccionamientos y zonas habitacionales al ser desarrollados cerca de bancos de materiales, ya que se quedan expuestos a estos mismos procesos, pudiendo con ello ocasionar una vulnerabilidad física.

Los estudios que se han realizado en minas a cielo abierto de materiales concesibles y no concesibles, se abocan principalmente a los riesgos, impactos ecológicos y ambientales o la rehabilitación de los sitios en donde se ha llevado a cabo esta actividad. Entre los estudios más relevantes que se pueden citar; los siguientes:

Jiménez *et. al.* (2006), abordan su trabajo bajo el enfoque de la prevención de impacto ambiental de la minería superficial en México, el cual no solo depende de características naturales del ambiente sino de la planeación de los proyectos de explotación. A partir de la metodología causa-efecto (Martín, 1999); se identificaron los impactos ambientales derivados de la explotación minera para determinar factores naturales y de diseño a considerar dentro de la planeación para prevenir y mitigar impactos, y planear la restauración de las minas en etapa de abandono. Concluyendo que, además de la limitada incorporación de factores ambientales dentro de la planeación de minas en México, la consideración sobre las consecuencias sociales a largo plazo derivadas de un proyecto minero prácticamente no existe, y debería ser parte del proceso de diseño de una mina.

Por su parte Martínez (2009), desarrolla un análisis de riesgo en forma sectorial a partir del proyecto minero, entre los que se menciona el sector socioambiental, en donde se esperaría que los municipios circundantes a la mina sean más vulnerables frente a los accidentes o impactos ambientales –habitantes y zonas

de agricultura, entre otros-. Por otra parte, para el sector ecosistémico, analiza la destrucción de ecosistemas, los cambios del microclima y el desplazamiento o reducción de la diversidad que serán inminentes por esta actividad, así como los procesos de erosión, compactación y fenómenos de remoción en masa en los corredores de acceso a la mina, los cuales implicarán costosas mitigaciones. Una vez que hace el análisis de riesgos sectoriales, realiza la cuantificación del riesgo integral del proyecto La Colosa; mediante la agregación de los valores de los riesgos obtenidos.

Un trabajo importante es de Loayza (2005), quién desarrolló una metodología para la ordenación minero-ambiental en el sector de Zaruma-Portovelo; en su investigación examina la actividad minera desde el enfoque de la planificación y las afectaciones generadas sobre el medio y las personas. Uno de los elementos analizados son los riesgos geodinámicos, ya que derivado de esta actividad se han producido varios deslizamientos y subsidencias del terreno que han generado graves daños al medio y a la comunidad. Existen programas que ha desarrollado el personal de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), cuyo objetivo ha sido el evaluar los peligros y riesgos naturales que podrían suceder a causa de la erosión, deslizamientos, hundimientos y sismicidad, producto de la actividad minera subterránea y superficial. Siendo una de sus conclusiones que existen problemas estructurales deslizamientos, hundimientos, contaminación ambiental y problemas de salud, entre otros.

Autores como Argüello *et al.*, (2012), analizan los riesgos antrópicos generados por la actividad minera, en el caso de la explotación de las canteras en Quito, Ecuador, determinando las amenazas y vulnerabilidad a partir de la contaminación del aire, pues la población está expuesta por la cercanía y el transporte constante de materiales a problemas de salud como las enfermedades respiratorias. Por otro lado, los taludes de las canteras son de 80° y 90° grados, generando amenazas por deslizamientos y derrumbes para los trabajadores y moradores de las viviendas aledañas. La metodología empleada en este caso es documental, estadística y de trabajo de campo en las zonas de las minas.

Por otra parte, los estudios en el Estado de México sobre vulnerabilidad y los procesos de remoción en masa producidos por actividades mineras son escasos, y aún más en los diferentes municipios, solo se aborda la temática a partir del Ordenamiento Ecológico y la recuperación de áreas degradadas, en donde se tienen los siguientes:

Esquivel (2005), plantea la problemática de la minería y los impactos ambientales y territoriales negativos a partir de la explotación irracional que se presenta, el autor analiza el riesgo a partir de la vulnerabilidad en los sitios donde se produce dicha actividad y enmarca la importancia del uso y aplicación de las diferentes leyes y normas que regulan la actividad minera, además propone varios escenarios, pues de continuar con la explotación de los materiales pétreos para el 2015 se presentarán mayores grados de erosión en suelo, lo cual repercutirá tanto en el desarrollo de la actividad agrícola como en el desarrollo urbano y el grado de destrucción del paisaje.

En el estudio realizado por Gómez, *et. al.* (2010) utilizaron métodos y técnicas que de manera interrelacionada permitieron la integración de diferentes criterios. Es importante señalar que se estudian las causas de la degradación entre las que se destacan las actividades humanas regresivas -la esterilidad de los suelos agrícolas- y los siniestros naturales -remoción en masa-, y analiza los impactos de la minería a cielo abierto durante la fase de explotación de acuerdo a Meffe y Carroll (1994). Concluyen que se puede realizar una recuperación en las minas mientras que el suelo fértil sea conservado en su totalidad, teniendo así como prioridad la conservación y restauración de las minas explotadas y obteniendo así beneficios posteriores a mediano y largo plazo para los propietarios, las empresas mineras y los pobladores del municipio.

Si bien se tienen registros de trabajos en donde se ha abordado la problemática relacionada con la extracción de la minería a cielo abierto de diferentes materiales concesibles y no concesibles, como los materiales pétreos, no se han estudiado a fondo los procesos en particular de remoción en masa que se generan a partir de la actividad minera dentro de las propias minas y en su área circundante, es decir, en la zonas habitacionales. Sólo se ha mencionado que se

dan estos procesos por la erosión y degradación del suelo, pero no se ha registrado y cuantificado los daños ocasionados por éstos y mucho menos se habla sobre vulnerabilidad física a partir de esta actividad.

Justificación

El municipio de Calimaya a partir del año 2000 ha incrementado la expansión urbana, dando apertura a la construcción de fraccionamientos habitacionales. De acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Urbano del Gobierno del Estado de México, se han creado nueve fraccionamientos, desde los de interés social hasta los de tipo residencial, albergando a un total de 11,837 viviendas, con una población beneficiada de 47,144 personas.

Por otro lado, de acuerdo a INEGI la zona agrícola ha visto reducida su superficie de monocultivos de temporal en 2009 del 73.7% al 67.3% para el 2013, presentando una fuerte tendencia al cambio de este tipo de uso de suelo, por el habitacional o en su caso para la extracción de materiales pétreos, especialmente en las periferias de las localidades.

Estos dos elementos, presentan una cercanía con la actividad minera, y están expuestos a diferentes procesos, entre ellos a la remoción de masa y la inestabilidad de laderas, aumentando el grado de vulnerabilidad física de los asentamientos.

Por otra parte, es imperante analizar la Norma Técnica Estatal Ambiental del GEM, que se encuentra vigente, así como la Ley Estatal de Protección Civil y el Código de Construcción del Estado de México, ya que en estos documentos se especifican consideraciones que deben cumplir para la exploración y explotación de una mina. Derivado de los resultados obtenidos se realizarán las recomendaciones necesarias a las autoridades correspondientes, para minimizar la exposición de los habitantes por la actividad minera.

A falta de estudios relacionados con la vulnerabilidad física estructural en zonas habitacionales que presentan colindancia con bancos de materiales pétreos, se vuelve importante analizar las diferentes condiciones físicas a las que están expuestas por procesos de remoción en masa, así como determinar el grado de susceptibilidad de éstos.

CAPÍTULO I MARCO CONCEPTUAL

1.1 Conceptualización de la vulnerabilidad

Existe una gran variedad de definiciones en torno a la vulnerabilidad, enmarcadas a partir de las instituciones que la hayan generado y en el contexto en el que se haya desarrollado el estudio, siendo de carácter general o particularizando en algunas situaciones.

La palabra vulnerabilidad proviene del latín "*vulnerare*" que significa "herida" y se refiere a la exposición a un daño físico o moral (Alexander, 2004); siempre se ha relacionado con el tema de desastres y riesgos, por tanto, ha sido definida en diferentes contextos (Flores, 2012).

A partir de lo establecido por Cardona (2001), la vulnerabilidad es la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir daño en caso de que un fenómeno desestabilizador de origen natural o antrópico se manifieste.

Por otro lado, la ISDR⁴ (2002, citado por Hahn *et. al.* 2003), define a la vulnerabilidad como "un conjunto de condiciones y procesos resultantes de factores físicos, sociales, económicos y ambientales que aumentan la susceptibilidad de una comunidad al impacto de amenaza".

En el caso de México, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), define a la vulnerabilidad como "la susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un fenómeno perturbador, es decir, el grado de pérdidas esperadas" (CENAPRED, 2001).

Existen diferentes formas de vulnerabilidad, sin embargo, es posible agruparlas en cuatro principales grupos: social, económico, político y cultural (Alcántara-Ayala, 2002). Aysan (1993), hace la precisión que las construcciones débiles-hablando estructuralmente, son consideradas como la vulnerabilidad física. En países en desarrollo la vulnerabilidad social es, en la mayoría de los casos, la causa de las condiciones de vulnerabilidad física.

⁴ ISDR. International Strategy for Disaster Reduction

Cardona (2001), establece que el trabajo multidisciplinario de varios especialistas, promovió el estudio de la vulnerabilidad física, debido a la importancia de considerar a la amenaza y la vulnerabilidad como variables fundamentales para la planificación física y las normas de construcción de edificaciones e infraestructura. Por esta razón, la vulnerabilidad física está relacionada con el grado de exposición y la fragilidad o capacidad de los elementos expuestos para soportar la acción de los fenómenos.

1.2 Conceptualización de la exposición

La exposición es definida como el grado, duración y/o extensión, en el que el sistema o elemento está en contacto o sujeto a una perturbación con otro (Adger, 2006; Kaspersen *et al.*, 2005 en Gallopín, 2006), citados por Flores (2012) y es un elemento que constituye a la vulnerabilidad.

De acuerdo a León (2009) la exposición o el grado de exposición se refieren a la cantidad de personas, bienes y sistemas que se encuentran en el sitio y que son factibles de ser dañados, se puede emplear valores como porcentajes de determinados tipos de construcción o inclusive el número de personas que son susceptibles a verse afectadas.

El grado de exposición es un parámetro que varía con el tiempo, el cual está ligado al crecimiento y desarrollo de la población y su infraestructura. En cuanto mayor sea el valor de lo expuesto, mayor será el riesgo que se enfrenta. La exposición puede disminuir con el alertamiento anticipado de la ocurrencia de un fenómeno, ya sea a través de una evacuación o inclusive evitando el asentamiento en el sitio.

1.3 Conceptualización de remoción en masa

Los procesos de remoción en masa agrupan a todos aquellos movimientos que involucran la presencia de material que por acción de la gravedad se desplazan cuesta abajo, también se les conoce con otros términos como procesos de inestabilidad de ladera o procesos gravitacionales, (Flores, 2012).

Penck (1894, en Alcántara, 2000) denota el término *mass movement*, como el movimiento bajo la influencia de la gravedad y *mass transport*, que implica el

movimiento del material por acción de algún fluido (agua, aire o hielo). Alcántara (2000) los describe como movimientos de masas de suelo, detritos y rocas que ocurren en una ladera como resultado de la influencia directa de la gravedad y que pueden ser desencadenados por factores internos y externos.

Existen numerosas clasificaciones para los distintos tipos de eventos de remoción en masa, las cuales han sido proporcionadas, entre otros, por Varnes (1978), Hauser (1993) y Cruden & Varnes (1996), citados en el trabajo de Lara (2007). Las remociones en masa han sido clasificadas por estos últimos autores en las siguientes categorías principales: 1) Desprendimientos o caídas; 2) Deslizamientos (rotacionales y traslacionales); 3) Flujos; 4) *Toppling* o volcamientos y 5) Extensiones laterales.

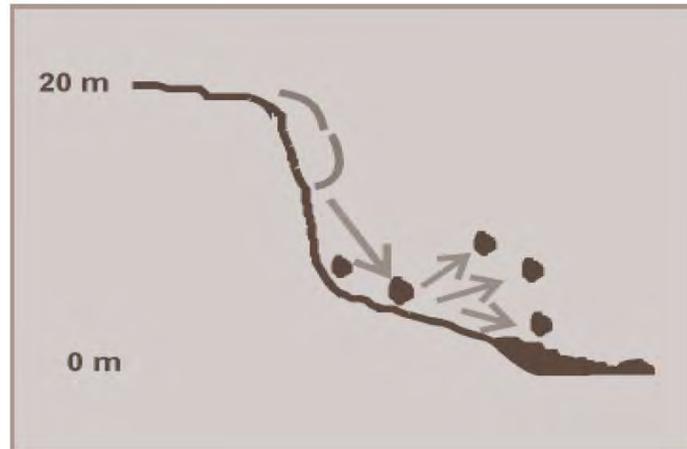
Por otra parte, CENAPRED (2001), establece que la inestabilidad de ladera está determinada, tanto en su origen como en su desarrollo por diferentes mecanismos, éstos sirven para clasificar los tipos de procesos de laderas existentes y los agrupa en cuatro categorías principales: caídos o derrumbes, flujos, deslizamientos y las expansiones o desplazamientos.

Para este trabajo se pondrá mayor énfasis deslizamientos y caídos de materiales, donde se tiene:

Desprendimientos o caídas: Estos tipos de remociones corresponden a movimientos rápidos que se generan cuando el material rocoso o suelo se desprende de una ladera de alta pendiente a través de una superficie donde no se generan cortes, descendiendo mediante caída libre, rebotando o rodando. La generación de desprendimientos, controlados por discontinuidades en la roca, están relacionados a pendientes mayores a 50°, donde la roca está directamente expuesta (Soeters & Westen, 1996, citados por Lara 2008). Ver figura 1.

Caídas o derrumbes: son movimientos repentinos de suelo y fragmentos aislados de roca que se originan en pendientes abruptas y acantilados, por lo que el movimiento es prácticamente de caída libre, rodando y rebotando, (CENAPRED, 2001).

Figura 1. Desprendimientos y caídas



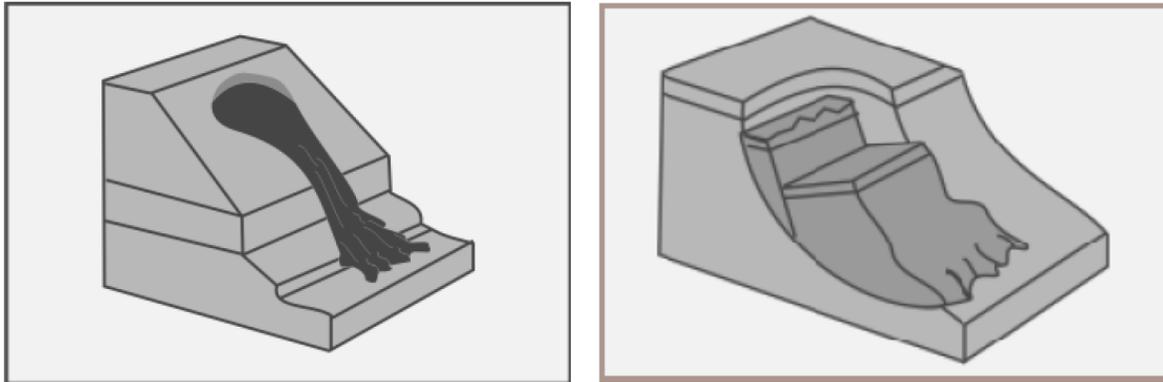
Fuente: Tomados de CENAPRED (2001).

Deslizamientos: son movimientos ladera abajo de masas de suelo o roca a través de superficies de cortes definidos. Estos movimiento no ocurren a lo largo de toda la superficie de ruptura simultáneamente, sino más bien comienzan en zonas donde se generan fallas locales, a menudo evidenciadas por grietas de tensión en la superficie original, a lo largo de la cual se formará el escarpe principal del deslizamiento, (Soeters & Westen, 1996, citados por Lara 2008).

Deslizamientos: movimiento de una masa de materiales térreos pendiente abajo, delimitada por una o varias superficies, planas o cóncavas, sobre las que se desliza el material inestable. Puede ser Rotacionales o traslacionales, (CENAPRED, 2001). Ver figura 2

- a) *Rotacionales:* deslizamientos en los que su superficie principal de falla resulta cóncava, es decir, hacia arriba en forma de cuchara o concha, definiendo un movimiento rotacional de masa inestable de suelo y/o fragmentos de roca.
- b) *Traslacionales:* deslizamientos en los que la masa de suelo y/o fragmentos de roca se desplaza hacia fuera y hacia abajo, a lo largo de una superficie principal más o menos plana.

Figura 2. Deslizamientos



Fuente: Tomados de CENAPRED (2001).

Estos conceptos son esenciales para la realización del trabajo, particularizando principalmente en la vulnerabilidad física, exposición y la inestabilidad de laderas por desprendimientos de caídas de materiales.

CAPÍTULO II MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se describe los procedimientos metodológicos que se realizaron para determinar vulnerabilidad física de la zona de estudio, empleando la metodología propuesta por Yépez y D' Ayala (2012), estructurándose de la siguiente manera:

2.1 Revisión bibliográfica

Se realizó una revisión de diferentes trabajos relacionados con minas de materiales pétreos, edificación de fraccionamientos, así como de la vulnerabilidad física en viviendas (artículos, tesis y aspectos legales), que proporcionaron a este trabajo el sustento teórico-conceptual.

Por otra parte, se analizaron diferentes metodologías para la evaluación de la vulnerabilidad física por remoción en masa en zonas habitacionales entre las que destacan la propuesta por CENAPRED (2014), y la propuesta por Yépez *et. al.* (2012), siendo esta última la utilizada para este trabajo.

Se analizaron las bases de datos del Instituto de Fomento Minero y Estudios Geológicos del Estado de México, teniendo de ésta la información más relevante de cada uno de los bancos de materiales pétreos del municipio de Calimaya de Díaz González, misma que se procesó en el software ArcMap para su representación y análisis.

Por otra parte, se llevó a cabo la revisión documental de los archivos del departamento de Protección Civil del H. Ayuntamiento del municipio, con respecto a los accidentes ocurridos en las minas (deslaves, deslizamientos y/o caídas de materiales). En un periodo de cinco años (2009-2014). Asimismo, se revisó diferentes fuentes periódicas en el mismo periodo.

Se consultó la cartografía topográfica, temática y bases de datos socioeconómicos elaborada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), para elaborar los mapas temáticos de la zona de estudio.

2.2 Trabajo de campo

Primera etapa: Reconocimiento de la zona de estudio, verificación de los bancos de materiales pétreos con actividad, condiciones físicas de las minas y sociales del fraccionamiento Villas del Campo y las zonas habitacionales aledañas a los bancos de materiales.

Segunda etapa: Identificación de las zonas inestables y potenciales a los procesos de remoción en masa por la actividad minera en el fraccionamiento, zonas habitacionales y agrícolas, con apoyo de las cartas topográficas y temáticas (geología y uso de suelo) escala 1:50000 del área de estudio.

Tercera etapa: Aplicación de instrumentos de evaluación cualitativa para zonas mineras, (fichas de trabajo de campo en mina a cielo abierto), donde se identifican aspectos como: consideraciones generales, aspectos hidrológicos y geológicos, condiciones de exploración y/o explotación, residuos sólidos y líquidos, rehabilitación ecológica y finalización de la actividad minera siendo necesario identificar las zonas propensas a desprendimientos o caídas. Ver anexo 1.

Para las zonas habitacionales (ficha de trabajo en zonas habitacionales limitrofes a las minas), se analizan aspecto como: características generales de la vivienda y afectación de la misma. Ver anexo 2.

Los instrumentos que sirvieron de apoyo se basan en lo establecido en la metodología propuesta por Yépez *et. al.* (2012) y por el CENAPRED (2014).

Es importante hacer mención que en esta etapa se utilizaron diferentes instrumentos de medición como el GPS, clisímetro, cinta y brújula para obtener las medidas precisas.

2.3 Nivel de vulnerabilidad físico estructural de las zonas habitacionales

Se empleará el propuesto por Yépez *et. al.* (2012), referente a la vulnerabilidad física estructural, que permite estimar el nivel de vulnerabilidad físico-estructural de edificaciones ante alguna amenaza entre ellas por deslizamientos.

Los autores proponen utilizar variables e indicadores cualitativos que permita describir y caracterizar la zona de estudio para realizar la evaluación de la vulnerabilidad descrita en la tabla 1.

Tabla 1. Criterios para la evaluación de la vulnerabilidad

Tipo de Vulnerabilidad	Variables	Indicadores	Nivel de los indicadores establecidos	Nivel de vulnerabilidad
De acuerdo a los factores considerados para cada tipo de vulnerabilidad	Descripción de las variables consideradas que corresponden a un ámbito del factor a estudiar y focalizar	Establece un indicador (magnitud estadística) que clasifique y defina, de forma más precisa, el objeto del factor de vulnerabilidad. Son medidas verificables y medibles. Los indicadores pueden ser cualitativos o cuantitativos	Establece a mayor detalle la caracterización del indicador permitiendo diferenciarlos en segmentos que pueden ser cualitativos o cuantitativos	Señala las tendencias altas, medias y bajas de vulnerabilidad, de acuerdo a la interpretación de los indicadores

Fuente: Equipo técnico *Sun Mountain International (SMTN)*, 2011. Citado por Yépez *et. al.* (2012).

Los autores proponen definir las variables e indicadores de manera cualitativa a partir de las características físicas de las estructuras obtenidas en dependencias como Catastro Urbano o de manera directa en campo.

A continuación se describe cada una de las variables e indicadores (ver tabla 2), propuestos exclusivamente para la amenaza por deslizamiento, ya que el autor también propone esta metodología para tres diferentes tipos de amenazas como sismos, inundaciones y volcánicas.

Tabla 2. Variables e indicadores para la amenaza por deslizamientos

No.	Variable de vulnerabilidad	Descripción de la variable y uso de la información	Indicadores considerados	Amenaza por Deslizamiento
1	Sistema estructural	Describe la tipología estructural predominante en la edificación	Hormigón armado	5
			Estructura metálica	5
			Estructura de madera	10
			Estructura de caña	10
			Estructura de pared portable	10
			Mixta madera/hormigón	10
			Mixta metálica/hormigón	10
2	Tipo de materiales	Describe el material predominante utilizado en las paredes divisorias de la edificación	Pared de ladrillo	5
			Pared de bloque	5
			Pared de piedra	10
			Pared de adobe	10
			Pared de tapia/bahareque/madera	10
3	Tipo de cubierta	Describe el tipo de material utilizado como sistema de cubierta de la edificación	Cubierta metálica	NA
			Losa de hormigón armado	NA
			Vigas de madera y zinc	NA
			Caña y zinc	NA
			Vigas de madera y teja	NA
4	Sistema de entrepisos	Describe el tipo de material usado para el sistema de pisos diferentes a la cubierta	Losa de hormigón armado	NA
			Vigas y entramado madera	NA
			Entramado madera/caña	NA
			Entramado metálico	NA
			Entramado hormigón /metálico	NA
5	Número de pisos	Se considera el número de pisos como una variable de vulnerabilidad, debido a que su altura incide en su comportamiento	1 piso	10
			2 pisos	5
			3 pisos	1
			4 pisos	1
			5 pisos o más	1
6	Año de construcción	Permite tener una idea de la posible aplicación de criterios de diseño de defensa contra la amenaza	Antes de 1970	10
			Entre 1971 y 1985	5
			Entre 1986 y 2000	1
			Entre 2001 y 2015	0
7	Estado de conservación	El grado de deterioro influye en la vulnerabilidad de la edificación	Bueno	0
			Aceptable	1
			Regular	5
			Malo	10
8	Características del suelo bajo la edificación	El tipo de terreno influye en las característica de vulnerabilidad física	Firme, seco	0
			Inundable	10
			Ciénega	10
			Húmedo, blando, relleno	5

Continúa

No.	Variable de vulnerabilidad	Descripción de la variable y uso de la información	Indicadores considerados	Amenaza por Deslizamiento
9	Topografía del Sitio	La topografía del sitio de construcción de la edificación indica posibles debilidades frente a la amenaza	A nivel, terreno plano	1
			Bajo nivel calzada	10
			Sobre el nivel calzada	1
			Escarpe positivo o negativo	10
10	Forma de la construcción	La presencia de irregularidad en la edificación genera vulnerabilidad	Regular	0
			Irregular	5
			Irregularidad severa	10
11	Superficie de construcción	Metros cuadrados de construcción		
12	Identificación	Código catastral por construcción		

Fuente: Equipo técnico Sun Mountain International (SMTN), 2011. Citado por Yépez et. al. (2012).

Para el empleo de la metodología se debe verificar la existencia de la información de las 12 variables antes mencionadas, con la finalidad de analizar si los predios cuentan con el 90% de los datos requeridos.

Dentro de la metodología que proponen los autores, no se incluye la variable exposición, vista ésta a partir de la cercanía que presentan las zonas habitacionales en relación con los bancos de materiales pétreos, ya que de acuerdo a la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-002-SMA-DS-2009, establece “Respetar los límites con terrenos colindantes y los derechos de vía con una franja de amortiguamiento de 20 metros o más. Se podrá disminuir hasta un mínimo de 10 metros siempre y cuando demuestre la estabilidad del talud límite”.

Por lo anterior, es importante incluirla ya que es un indicador relevante para la zona de estudio y es un detonante para que se presenten caídas y/o desprendimientos de materiales, ocasionando deslizamientos y afectación a las zonas habitacionales, ver tabla 3.

Tabla 3. Propuesta de inclusión de variable exposición

No.	Variable de vulnerabilidad	Descripción de la variable y uso de la información	Indicadores considerados	Amenaza por Deslizamiento
13	Exposición	Distancia que presenta las zonas habitacionales a los bancos de materiales pétreos	Menos de 10 metros	10
			Entre 10 y 15 metros	5
			Entre 15 y 19 metros	1
			20 metros o más	0

Fuente Elaboración propia.

Asimismo, se propone las ponderaciones y los valores máximos (ver tabla 4) de acuerdo al tipo de variables e indicadores por la amenaza de movimientos de masa (deslizamientos).

Tabla 4. Ponderaciones y valores para la amenaza por deslizamientos

Variable	Valores posibles del indicador	Ponderación	Valor máximo
Sistema estructural	0, 1, 5,10	0.8	8
Materiales de paredes	0, 1, 5,10	0.8	8
Número de pisos	0, 1, 5,10	0.8	8
Año de construcción	0, 1, 5,10	0.8	8
Estado de conservación	0, 1, 5,10	0.8	8
Características suelo	0, 1, 5,10	2	20
Topografía del sitio	0, 1, 5,10	2	20*
Exposición	0, 1, 5,10	2	20
Valor mínimo= 0			100

*Se modificó el factor de ponderación y valor máximo para poder incluir los valores referentes a la exposición dentro del 100.

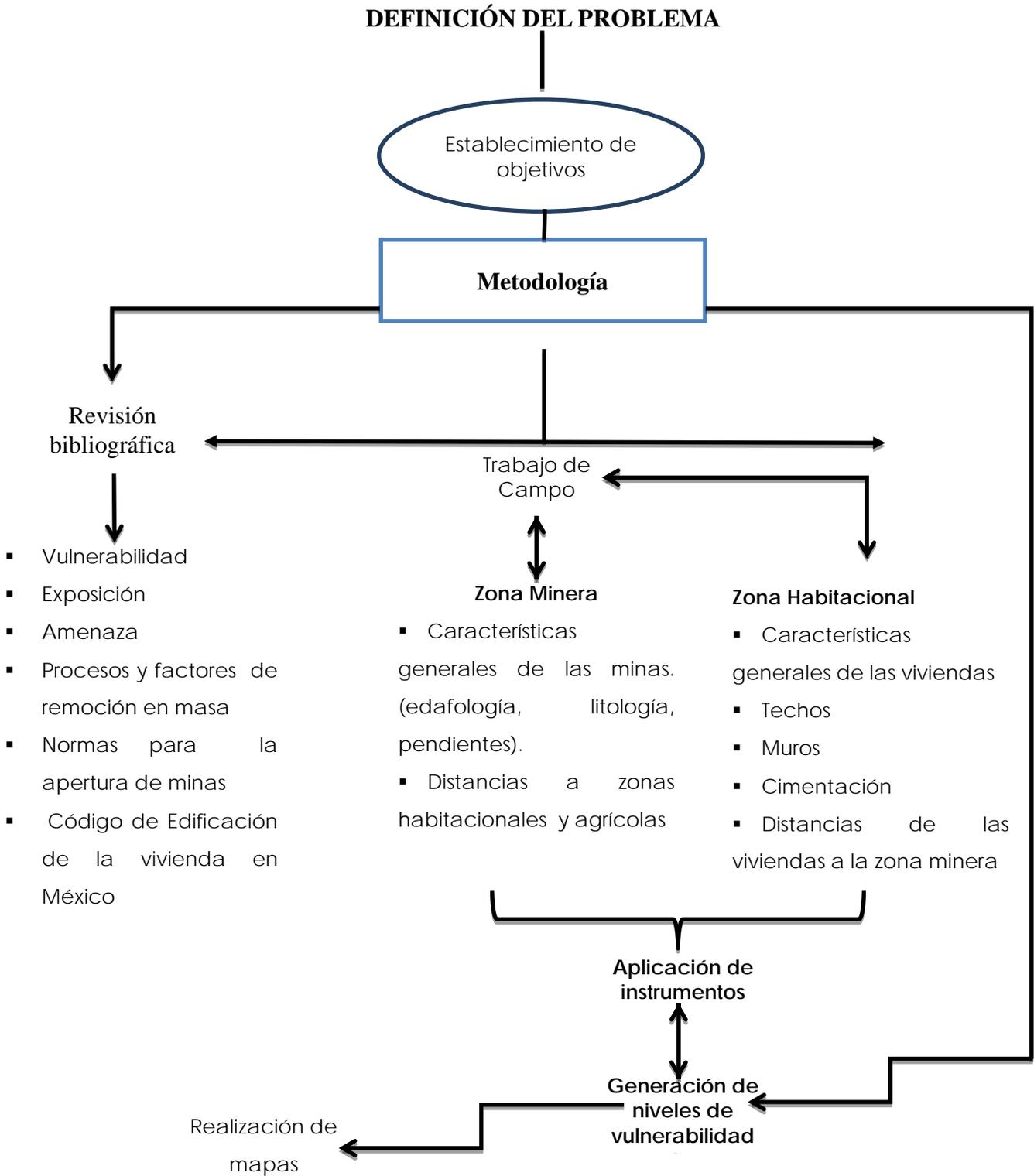
Fuente: Equipo técnico *Sun Mountain International (SMTN)*, 2011, citado por Yépez et. al. , 2012).

Se califica cada una de las casas o predios analizados en función de la cantidad de puntos obtenidos, es decir, el máximo de puntos son 100, por lo tanto, a mayor puntaje, mayor vulnerabilidad estructural se tendrá.

Nivel de vulnerabilidad	Puntaje
Bajo	0 a 33
Medio	34 a 66
Alto	Más de 66

A partir de los resultados obtenidos de la generación de los índices y la visualización de los datos en mapas se propondrá una serie de conclusiones y/o sugerencias.

Figura 3. Esquematización de la Metodología



Fuente Elaboración propia.

CAPÍTULO III CONSIDERACIONES LEGALES EN MINAS Y FRACCIONAMIENTOS

3.1 Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-002-SMA-DS-2009

De acuerdo con la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-002-SMA-DS-2009, (2010), que regulan la exploración, explotación y transporte de minerales no concesionables en el Estado de México, se establece para aquellos sitios destinados a la explotación y exploración de sustancias no concesionables por el Gobierno Federal que pueda generar riesgos o contaminantes.

Esta norma establece la terminología que se emplea para el entendimiento de la misma, entre los dueños de las minas y las diferentes instancias locales y estatales, se hace mención solo de aquellas que aplican para este trabajo, entre las que se tiene:

Ampliación. Superficie de terreno adyacente a una o más obras mineras activas o inactivas, que se solicita para realizar labores de explotación minera.

Berma. Franja de terreno al pie de los taludes, para la estabilización.

Explotación. Las obras de trabajos realizados en el terreno con el objeto de identificar, cuantificar y evaluar depósitos de minerales no concesionables económicamente aprovechables.

Explotación de materiales. Las obras y trabajos destinados a la preparación y desarrollo del área que comprende el depósito de minerales, así como los encaminados a desprender y extraer los minerales no concesionales existentes en el mismo.

Frente de explotación. Pared expuesta sobre la que se realiza la explotación del material.

Mina o Banco. Se define como la acción de excavación realizada para extraer del subsuelo sustancias minerales útiles; la mina puede ser subterránea o a cielo abierto. Considerada como obra superficial donde se extrae roca o minerales no concesionables.

Minerales no concesionables. Son las rocas o los productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción,

ornamento de obra o se destine a este fin; los productos derivados de la descomposición de las rocas, cuya explotación se realice preponderantemente por medio de trabajos a cielo abierto y que no son concesibles por el Gobierno Federal.

Talud. Es la inclinación natural o artificial formada por la acumulación de fragmentos del suelo con un ángulo de reposo del material del terreno del que se trate.

Zona de amortiguamiento. Es la porción del sitio, cuyo objetivo es el de proporcionar espacio necesario para establecer un sistema de monitoreo oportuno de acciones no previstas, permitir la aplicación de las acciones requeridas para la mitigación, y servir como área de transición, a fin de evitar su impacto fuera de las fronteras del sitio.

Por otro lado, con el fin de cumplir las diferentes especificaciones de ubicación que debe satisfacer un sitio, para la explotación, extracción y transportación, se establecen los criterios a considerar (ver tabla 5) a partir de cuatro grandes rubros:

- Aspectos generales
- Aspectos hidrológicos y geológicos
- Consideraciones legales para la operación
- Condiciones mínimas que deberán reunirse para la exploración y/o explotación de una mina

Así como los diferentes procedimientos al antes, durante y posterior a las labores de la mina (ver tabla 6), en aspectos como:

- Recursos Hídricos
- Infraestructura
- Residuos sólidos y líquidos
- Rehabilitación Ecológica
- Finalización de la actividad minera
- Transportación de minerales no concesionables.

Tabla 5. Especificaciones de ubicación de un sitio en la exploración y extracción

RUBROS	ESPECIFICACIONES
Aspectos Generales	Se prohíbe la apertura de minas o su ampliación en áreas naturales protegidas.
	Ubicación en zonas compatibles con el uso de suelo que determine el Plan de Desarrollo Urbano Municipal.
	Nuevos aprovechamientos de explotación serán únicamente a cielo abierto, en terrenos de 3 hectáreas o mayores. Para aplicación deberá ser en terrenos menores y que dé continuidad.
	Respetar los límites con terrenos colindantes y los derechos de vía con una franja de amortiguamiento de 20 metros o más. Se podrá disminuir hasta un mínimo de 10 metros siempre y cuando demuestre la estabilidad del talud límite.
	Taludes finales superiores a 15 metros deberá contar con un berma en proporción 3:1 (tres unidades verticales por una horizontal).
	Se prohíbe la exploración y explotación de minas ubicadas dentro de las zonas arqueológicas y su área de influencia.
	Los sitios que se encuentren con un nivel freático somero y/o inmediato a zonas urbanas, se determinará el nivel máximo de exploración.
	Se emitirá un certificado de cumplimiento ambiental.
Aspectos hidrológicos y Geológicos	La mina deberá estar fuera de la zona de inundación.
	A una distancia mínima de 60 metros de una falla activa.
	Fuera de una zona que pueda producir movimientos de suelo o roca.
	Zonas donde existan o se puedan generar asentamientos.
	No podrá desviar el curso original en causes y lechos de cuerpos de agua permanentes e intermitentes.
Consideraciones legales para la Operación	Obtención de resoluciones, autorizaciones, dictame, permisos y licencias.
	Comprobar en términos legales la propiedad.
Consideración es legales para la Operación	En la apertura de nuevas minas solicitar la opinión técnica del IFOMEGEM ⁵ en aspectos geológicos-mineros.
	Obtener una resolución positiva en materia de impacto ambiental que otorga la SMA ⁶ .
	Pagar los derechos correspondientes por la expedición de las resoluciones de impacto ambiental.
Condiciones mínimas que deberán reunirse para la exploración y/o explotación de una mina	Aplicar medidas de ingeniería para no afectar la dinámica de escurrimientos de aguas pluviales.
	Almacenar el suelo fértil dentro del predio para su posterior utilización en la rehabilitación del terreno.
	Construir una barrera física en los frentes y partes laterales de la mina.
	Evitar se depositen residuos sólidos urbanos de forma clandestina y reducir el riesgo de accidentes.
	Para el uso de explosivos en la explotación de la mina, deberán contar con el permiso de la Secretaría de la Defensa Nacional.
	El patio de mantenimiento de la maquinaria deberá contar con un piso de concreto no menor a 10 centímetros de espesor y con una superficie mínima que garantice la permanencia del equipo pesado, para evitar la infiltración de aceites y grasas al subsuelo.

⁵ Instituto de Fomento Minero y Estudios Geológicos del Estado de México.

⁶ Secretaría del Medio Ambiente.

Continuación

RUBROS	ESPECIFICACIONES
	Se deberán aplicar medidas de ingeniería para evitar o disminuir los procesos erosivos existentes en los taludes terminales, dependiendo de las características geológicas.
	No se permitirá la apertura de minas para la explotación de minerales no concesionables, en predios ubicados en barrancas, cañadas o zonas clasificadas como de alta fragilidad.
	Aportaciones al fideicomiso para garantizar el cumplimiento del programa de restauración o rehabilitación ambiental.

Fuente: Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-002-SMA-DS-2009, que regula la exploración, explotación y transporte de minerales no concesionables en el Estado de México, 2010.

Tabla 6. Procedimientos antes, durante y posterior a las labores de la mina

RUBROS	ESPECIFICACIONES
Recurso Hídrico	Impedir la afectación a cauces de ríos, arroyos o manantiales, cuerpos de agua, así como a zonas de derecho federal estatal o municipal.
	La disposición de los residuos y materiales no comercializables, no podrá realizarse temporal o permanentemente sobre derechos o cauces de los cuerpos de agua.
	Construir una barrera física que impida el arrastre de material disgregado hacia el cauce o lecho del cuerpo de agua.
	Deberán construir sistemas de cunetas, contra cunetas y conducción de agua de lluvia hacia el exterior de la mina.
	El desagüe de la mina deberá desembocar en la fosa de recepción ubicada en la parte más baja de la mina.
	Evitarán llegar al nivel freático, dejando como mínimo 3 metros de la zona no saturada.
	Prohibido depositar minerales no concesionables, en cauces y zonas de escurrimientos.
Infraestructura	Estructura de la cribadora deberá estar firmemente asentada.
	Contar con sistemas cubre polvos en los procesos que lo requieran, a fin de evitar fuga y dispersión de material de partículas.
	En el caso de contar con tanque de almacenamiento de combustible, el suministro se realizará en un sitio predeterminado en el que se evite cualquier tipo de derrame o fuga.
	Se deberá contar con instalaciones sanitarias que eviten las descargas directas a cuerpos de agua superficiales o subterráneos.
	En los casos que existiesen minas cercanas a zonas de asentamientos humanos, se deberá garantizar a través de obras de ingeniería, la estabilidad de los taludes existentes y la no afectación de las construcciones vecinas.
	Se deberá obtener la resolución del estudio de riesgo ambiental de manera favorable.
Residuos sólidos o líquidos	Se impedirá que la mina sea empleada como área de disposición final de residuos sólidos o líquidos.
	Los residuos peligrosos generados por actividades de mantenimiento deberán disponerse temporalmente en tambos tapados y clasificados.
Rehabilitación Ecológica	Realizar las actividades de rehabilitación, de acuerdo a la vocación natural del terreno y conforme al programa de restauración o rehabilitación.

Continuación

RUBROS	ESPECIFICACIONES
Rehabilitación Ecológica	Concluido la explotación, realizar una nivelación general del piso de la mina, dejando una pendiente general máxima de cinco grados, evitando dejar montículos, rampas, ondulaciones, pozos ni cárcavas en las zonas rehabilitadas.
	Restituir con una cubierta vegetal las bermas y las superficies que hayan sido sometidas a explotación de acuerdo a la vocación del suelo.
	La capa superficial de suelo fértil que se almacenó (en el caso de que exista) deberá emplearse para el recubrimiento de las bermas y del piso de la mina.
	Quedará prohibida la explotación de minas en los predios en los que se hayan realizado actividades de rehabilitación final.
	Se prohíbe la realización de actividades de roza, quema o utilización de productos químicos para la limpieza del terreno.
	En caso de que la mina colinde con otra podrán extraer de común acuerdo los materiales que corresponden a las franjas de amortiguamiento que se localicen exclusivamente entre las dos minas.
	Entregar anualmente al IFOMEGEM, un reporte de las actividades realizadas, que incluya el volumen explotado de minerales no concesionables.
	Entregar un reporte anual del avance del programa de rehabilitación del sitio.
Finalización de la actividad minera	Se deberá iniciar el retiro de las instalaciones que fueron ocupadas durante la operación, así como el desmantelamiento y demolición de la tolva, la cribadora, su basamento y cualquier otro dispositivo.
Transportación de minerales no concesionable	Los residuos sólidos, producto de la limpieza, desmantelamiento o demolición de las instalaciones, deberán ser depositados en el lugar que para ello designe la autoridad correspondiente.
	Los camiones deberán transportar el material con la caja tapada con una lona, que impida el derrame de éstos en los caminos.
	Se deberá proporcionar una factura y/o nota de remisión.
	Se deberá rehabilitar y tener en buenas condiciones de circulación los caminos de acceso a ésta.

Fuente: Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-002-SMA-DS-2009, que regula la exploración, explotación y transporte de minerales no concesionables en el Estado de México, 2010.

Las especificaciones y procedimientos antes expuestos se derivaron de la necesidad de regular la actividad minera en el Estado de México, ya que dicha actividad se desarrolló de manera irregular, generando impactos ambientales adversos y terrenos minados abandonados, a los cuales se les ha dado un uso clandestino para diversas actividades negativas hacia su entorno.

La norma aprobada en 2010 tiene el propósito de regular la explotación y exploración de los materiales pétreos, se considera contiene las especificaciones y procedimientos necesarios para la protección al medio ambiente, sin embargo, éstas no se aplican 100% por los dueños de las mina, como se pudo constatar en las diversas visitas a la zona, además de realizar una entrevista con los propietarios y trabajadores, que manifestaron no conocer en su totalidad las norma actual.

Es importante que se realice visitas de verificación del cumplimiento de la norma a través de la Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de México, que tiene la facultad de vigilar el cumplimiento de la misma. Aunado a las labores de evaluación que realiza el Instituto de Fomento Minero y Estudios Geológicos del Estado de México.

3.2 Código de Edificación de Vivienda en México

A partir del 2007 la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), publicó el código de Edificación de Vivienda (CEV), en atención de la Ley de la Vivienda expedida en el 2006, que establece que la Comisión con base en el modelo normativo, promueva que las autoridades competentes, expidan, apliquen y mantengan en vigor y permanentemente actualizadas, disposiciones legales, normas oficiales mexicanas, códigos de procesos de edificación y/o reglamentos de construcción.

El Código de Edificación de la Vivienda (2010), tiene por objetivo el proceso de edificación de vivienda, incorporando la reglamentación para el desarrollo de una construcción segura, confiable, habitable y sustentable en un contexto urbano ordenado y equilibrado estableciendo las obligaciones y responsabilidades de los agentes que intervienen en dicho proceso, con el fin de asegurar la calidad mediante el cumplimiento de los requisitos básicos de las viviendas y unidades habitacionales y la adecuada protección de los intereses de los usuarios. Es un modelo normativo de carácter técnico administrativo, aplicable a todo territorio nacional.

A partir de la Secretaría de Desarrollo Urbano (SDU, 2008), se establecen las leyes que regulan la autorización del fraccionamiento de terrenos en el Estado de México, a través de la figura jurídica de "conjunto urbano", en las que se encuentra:

- Código Administrativo del Estado de México: libro Quinto y su Reglamento.
- Los Planes Municipales de Desarrollo Urbano.
- Código de la Biodiversidad del Estado de México.
- Código Financiero del Estado de México y Municipios.

- Reglamentos Interiores de la Comisión Estatal de Desarrollo Urbano y Vivienda de la Secretaría de Desarrollo Urbano.

Según lo dispuesto en el Código Administrativo del Estado de México, Artículo 5.40 del Libro Quinto, se establece como definición de Conjunto Urbano como “la modalidad en la ejecución del desarrollo urbano que tiene por objeto estructurar, ordenar o reordenar, como una unidad espacial integral, el trazo de la infraestructura vial, la división del suelo, la zonificación y normas de usos y destinos del suelo, la ubicación de edificios y la imagen urbana de un sector territorial de un centro de población o de una región”. (SDU, 2008).

Asimismo, la CONAVI, 2010, establece una serie de definiciones como Conjunto habitacional, Fraccionamientos y Viviendas, siendo:

Conjunto habitacional. Grupo de viviendas planificado y dispuesto en forma integral, con la dotación e instalación necesarias y adecuadas de los servicios urbanos: vialidad, infraestructura, espacios verdes o abiertos, educación, comercio, servicios asistenciales y de salud.

Fraccionamiento. La división de un terreno en manzanas y lotes, que requiera del trazo de una o más vías públicas, así como la ejecución de obras de urbanización que le presten servicios urbanos.

Vivienda. El ámbito físico-espacial que presta el servicio para que las personas desarrollen sus funciones vitales básicas. Este concepto implica tanto el producto terminado como el producto parcial en proceso, que se realiza paulatinamente en función de las posibilidades materiales del usuario.

La construcción de la vivienda depende en gran medida del mercado y a las políticas de fuentes de financiamiento. Las principales características que diferencian a las viviendas son: precio final en el mercado, forma de producción, y superficie construida o número de cuartos, entre otros.

De acuerdo a la Secretaría de Desarrollo Urbano y la CONAVI, (2010) se establecen dos tipos de clasificaciones, la primera a partir del precio de la vivienda en: económica, popular y tradicional, llamadas comúnmente como viviendas de interés social, así como las viviendas mediana, residencial y

residencial plus, construyéndose en conjuntos habitacionales y fraccionamientos. (Ver tabla 7).

La segunda a partir de la forma de construcción: por encargo a desarrolladores privados o por autoconstrucción.

Tabla 7. Tipología de la vivienda en el Estado de México

Tipo de vivienda	Superficie promedio en m ²	Costo promedio* (aproximado)	Veces Salario Mínimo mensual del D.F.*	Número de cuartos
Económica	30	250,000	Hasta 118	Baño, Cocina, Área de usos múltiples.
Popular	42.5	420,00	De 118.1 a 200	Baño, Cocina, Estancia, comedor y de 1 a 2 recámaras.
Tradicional	62.5	735,000	De 200.1 a 350	Baño, Cocina, Estancia, comedor y de 2 a 3 recámaras.

Continuación

Tipo de vivienda	Superficie promedio en m ²	Costo promedio* (aproximado)	Veces Salario Mínimo mensual del D.F.*	Número de cuartos
Media	97.5	1'000,000	De 350.1 a 750	Baño, ½ baño, Cocina, Sala Comedor, De 2 a 3, recámaras y Cuarto de servicio.
Residencial	145	1'500,000	De 750.1 a 1,500	De 3 a 5 baños, Cocina Sala, Comedor, De 3 a 4 recámaras, Cuarto de Servicio y Sala familiar.
Residencial Plus	225	Más de 1'500,000	Mayor de 1,500	De 3 a 5 baños, Cocina, Sala, Comedor, De 3 a más Recámaras, De 1 a 2 cuartos de servicios y Sala familiar.

*Se calculó a partir del salario especificado para el mes de Abril de 2015, siendo de \$70.10, en forma mensual y calculando sobre los salarios máximos en cada tipo de vivienda. Por lo tanto los resultados son un aproximado. Fuente: Elaboración propia a partir de CONAVI 2010, Código de edificación de Vivienda. Gobierno Federal.

Los desarrollos habitacionales se deben considerar de acuerdo al uso de suelo, la densidad de la población y la vivienda determinada y proveer de prototipos de viviendas de acuerdo al número de viviendas, como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Diversidad y densidad de viviendas

Diversidad de Viviendas		Densidad neta de viviendas	
Número de viviendas	Número de tipologías de viviendas	Habitantes	Viviendas por hectárea
Más de 250	Mínimo dos tipologías y dos prototipos	De 500 a 5,000	60

Más de 1,000	Mínimo dos tipologías y tres prototipos	De 5,001 a 15,000	70
Diversidad de Viviendas		Densidad neta de viviendas	
Número de viviendas	Número de tipologías de viviendas	Habitantes	Viviendas por hectárea
Más de 5,000	Mínimo tres tipologías y cinco prototipos	Más de 15,000	80

Fuente: Elaboración propia a partir de CONAVI 2010, Código de edificación de Vivienda. Gobierno Federal.

CONAVI (2010), establece las condiciones para el desarrollo de nuevos conjuntos habitacionales en donde se pretenda desarrollar vivienda (ver tabla 9), para minimizar y mitigar los impactos ambientales y no exponer la seguridad de la edificación ni de sus habitantes. Sólo se retomarán aquellos elementos que impactan para el presente trabajo, como lo es: el rubro del medio natural (topografía, vulnerabilidad geológica y tipo de suelo), infraestructura riesgo, evaluación y mitigación de riesgo, investigación de colindancia y exploraciones.

Tabla 9. Condicionantes para la creación de nuevos Conjuntos Habitacionales

Criterios	Consideraciones	Específicas
Evaluación del predio	Evaluación de las características del medio físico natural, infraestructura, vialidad, transporte, equipamiento urbano y de la <u>vulnerabilidad y posibles riesgos</u> .	
	Señalar un radio de 500 metros en torno a éste, las obras existentes que potencialmente generen impactos o riesgos ambientales significativos (escuelas, gasolineras, líneas de alta tensión, fábricas, cuerpos de agua, etc.).	
Medio Natural	Topografía, evitar sitios en:	Cañadas, barrancas, cañones susceptibles a erosión y asociados a intensas precipitaciones pluviales.
		Los que presenten erosión severa, con cárcavas profundas a menos de 100 m de separación.
		Tengan posibilidad o peligro de deslizamientos del suelo.
		La ladera presente condiciones de inestabilidad, se debe considerar la factibilidad de su estabilización
	Hidrología	Restricciones en franjas paralelas a cuerpos de agua.
Vulnerabilidad geológica	Lugares que presenten fallas geológicas o activas.	
Tipo de suelo	Que contengan arenas o gravas no consolidadas.	
Vulnerabilidad Meteorológica	Zonas a menos de 500 m de cuevas o meandros de ríos que no sean estables.	
Infraestructura riesgo	En áreas de relleno provenientes de residuos industriales, químicos, contaminantes o de basura en general.	
Evaluación y mitigación de riesgos	Con el objeto de identificar, prevenir y mitigar los riesgos inherentes al inmueble respectivo, los responsables de construir los desarrollos habitacionales.	
	Identificación de zonas sujetas a deslizamientos o derrumbes.	

	Identificación de cuevas, meandros y fallas del subsuelo.
Investigación de las colindancias	En materia de estabilidad, hundimientos, emersiones, agrietamientos del suelo y desplomes.

Continuación

Criterios	Consideraciones	Específicas
Reconocimiento del sitio	Existencia de rellenos superficiales por la presencia de minas a cielo abierto.	
	Minas subterráneas para explotación de arenas.	
Exploraciones	El número mínimo de exploraciones a realizar (pozos a cielo abierto o sondeos) debe ser de una por cada 80 m.	
	Los procedimientos para localizar rellenos artificiales, galerías de minas y otras oquedades deben ser directos.	

Fuente: Elaboración propia a partir de CONAVI 2010, Código de edificación de Vivienda. Gobierno Federal.

3.3 Políticas de Desarrollo Urbano del municipio de Calimaya

El Plan de Desarrollo Urbano -PDU- (2011), se constituye como el instrumento técnico - jurídico que en materia de planeación urbana determina los lineamientos aplicables al ámbito municipal y promueve la coordinación de esfuerzos federales, estatales y municipales que garantice un desarrollo sustentable, homogéneo y armónico con el medio urbano, social y natural.

En éste se establecen las condiciones actuales y las políticas a seguir en materia de desarrollo urbano planificando, el crecimiento irregular que se ha presentado a consecuencia de la ocupación de áreas inadecuadas (minas o ladrilleras) por usos habitacionales.

En los últimos años ha presentado un crecimiento extensivo, es decir; que el área urbana se ha convertido en una alternativa para el establecimiento de fraccionamientos residenciales, esto principalmente en las comunidades de Santa María Nativitas, San Andrés Ocotlán y la Concepción Coatipac.

Con base en la cuantificación de la población demandante y al índice de ocupación, se establece la demanda de vivienda total que se estará proyectando para el año 2015 y 2020 de acuerdo al tipo de vivienda (ver tabla 10). PDUC, 2011.

Tabla 10. Requerimiento total de vivienda 2015-2020. Escenarios programáticos

Tipo de vivienda	2015		2020	
	Viviendas	Superficie en Hectáreas	Viviendas	Superficie en Hectáreas
Social progresiva	158	1.97	104	1.30
Habitacional popular	107	1.60	71	1.06
Interés Social	80	1.01	53	.66
Habitacional residencia	37	1.11	24	.73
Habitacional Campestre	17	3.33	11	2.20
Total	399	9	264	6

Fuente: Elaboración propia a partir de CONAVI 2010, Código de edificación de Vivienda. Gobierno Federal.

De acuerdo con los escenarios para las viviendas, se establece la incorporación del suelo al desarrollo urbano, el cual se debe realizar sobre zonas aptas, éstas se determinan según las condiciones físicas y naturales del suelo, la tenencia de la tierra, el valor del suelo, la factibilidad de conexión a los servicios públicos, a la accesibilidad, la vegetación, el uso actual del suelo y la topografía.

De lo anterior, se establecen acciones que se requieren para el desarrollo urbano entre las que se encuentra: la regularización de la tenencia de la tierra, principalmente en las localidades donde se han desarrollado nuevos fraccionamientos. Así como la creación de nuevos circuitos (vías de comunicación), entre la cabecera y localidades aledañas para agilizar el tráfico tanto local como el generado por los camiones que trasladan los materiales pétreos.

3.4 Clasificación de la vivienda de acuerdo con la tipología usada por INEGI y CENAPRED

De acuerdo con el CENAPRED (2014), refiere los criterios de evaluación de la vulnerabilidad de la vivienda enmarcados en dos niveles de información. El primero involucra la información del último Censo de Población y Vivienda, disponible por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). El segundo establece una visita de campo, que consiste en hacer un levantamiento clasificando cada vivienda.

La información con la que cuenta INEGI de acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2010, clasifica la vivienda según la resistencia de los materiales usados para la construcción en techos y muros. (Ver tabla 11).

Tabla 11. Viviendas según el tipo de materiales para la construcción

Tipo de Materiales	Resistencia de los materiales
Techos	Materiales de desechos o lámina de cartón
	Lámina metálica, lámina de asbesto, pala, madera, o tejamanil
	Teja terrado con vigería
	Losa de concreto o viguetas con bovedilla
Muros (paredes)	Materiales de desechos o lámina de cartón
	Embarro o bajareque, lámina de asbesto o metálica, carrizo, bambú o palma
	Madera o adobe
	Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del Censo de Población y Viviendo, INEGI, 2010.

Los elementos estructurales que componen una vivienda de acuerdo a CENAPRED, 2014 son:

Cimentación, transmiten al terreno los esfuerzos producto de las cargas verticales (inducidas por el peso de la propia construcción, su contenido y sus ocupantes) y horizontales (inducidas por la acción del sismo o viento);

Muros de carga. Son los elementos fundamentales encargados de resistir las fuerzas sísmicas y transmitir las cargas verticales y laterales a la cimentación;

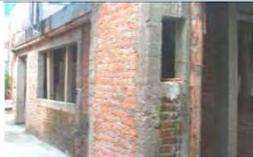
Techos y entrepisos. En el caso de sistemas rígidos (losas de concreto, de tabique u otros) los techos y entrepisos transmiten las fuerzas sísmicas horizontales hacia los muros, permitiendo que estas fuerzas se distribuyan entre los elementos estructurales más adecuados para resistir su acción. Además, participan para mantener unidos a dichos muros con lo que permiten que su funcionamiento sea en conjunto.

Los diferentes tipos de piezas de mampostería que comúnmente son empleados en la construcción de vivienda son los siguientes:

- Tabique macizo artesanal de arcilla (barro) recocida
- Tabique hueco de arcilla recocida
- Tabique multiperforado de arcilla recocida
- Piezas macizas de concreto (cemento-arena) (conocido como tabicón)
- Bloque (20×40 cm) hueco de concreto
- Piedras naturales

Se hace una descripción del tipo de vivienda de acuerdo a los elementos técnicos de construcción (ver tabla 12), solo se harán la cita de los que inciden en el área de estudio y establecidos por el CENAPRED, 2014.

Tabla 12. Tipos de vivienda con base en información técnica

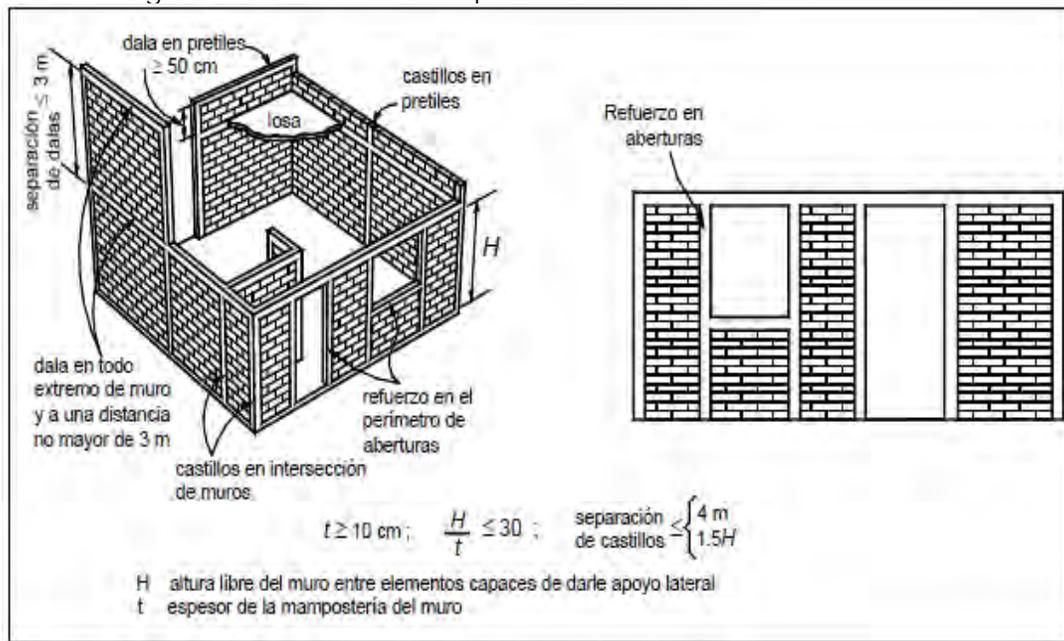
Tipo	Características de la Vivienda		Foto representativa
1	Muros	Mampostería reforzada con castillos y dalas. Mampostería reforzada con castillos y dalas con malla y mortero. Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior.	
Continuación			
Tipo	Características de la Vivienda		Foto representativa
	Techo	Techo y entrepisos rígidos.	
	Cimentación	Zapata corrida de concreto o mampostería.	
	Altura	Uno a cinco niveles.	
2	Muros	Mampostería reforzada con castillos y dalas. Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior.	
	Techo	Flexible.	
	Cimentación	Zapata corrida de mampostería.	
	Altura	Un nivel.	
3	Muros	Mampostería deficiente reforzada con dalas y castillos. Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior.	
	Techo	Techo y entrepisos rígidos.	
	Cimentación	Zapata corrida de mampostería.	
	Altura	Uno a cinco niveles.	

Fuente: Tomado de la Guía Básica para la evaluación de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. CENAPRED 2014.

Tipos de mamposterías:

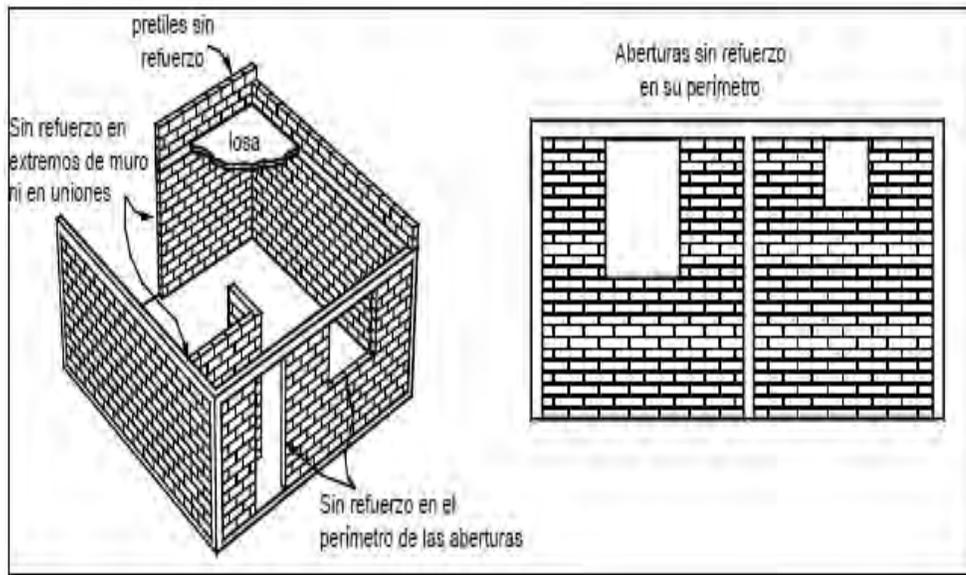
- a) *Mampostería adecuadamente confinada (reforzada con castillos y dalas.*
En este tipo de edificación se incluyen todos los tipos de mampostería de tabique o bloque, en las que existan dalas y castillos de concreto reforzados como elementos confinantes de muros. También estos elementos deben estar alrededor de aberturas, como puertas y ventanas.
- b) *Mampostería deficientemente confinada.* Las viviendas que no tengan elementos confinantes distribuidos adecuadamente. El caso más común es aquel en que no existen dalas y castillos alrededor de las aberturas (puertas y ventanas). Ver figura 4.
- c) *Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior.* Es característica de grandes conjuntos habitacionales y para ser clasificada como tal deben existir planos estructurales y control de calidad durante la construcción que así lo demuestren. Es evidente que para clasificar este tipo de construcciones se requiere de las evidencias anteriores puesto que el refuerzo no es visible. Ver figura 5.

Figura 4. Vivienda de mampostería adecuadamente confinada



Fuente: Tomado de la Guía Básica para la evaluación de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. CENAPRED 2014.

Figura 5. Vivienda de mampostería deficiente confinada



Fuente: Tomado Guía Básica para la evaluación de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. CENAPRED 2014.

Características de Techos

En México se tienen diferentes tipos de sistema de techos: el sistema de techo puede ser rígido o flexible, para lo cual puede considerarse como primera opción la clasificación del INEGI:

a) *Los techos flexibles*

Son aquéllos hechos de los siguientes materiales: material de desecho, lámina de cartón, lámina de asbesto y metálica, palma, tejamanil, madera, teja, etc.

b) *Los techos rígidos*

Considerados son aquéllos hechos a base de: losas de concreto en cualquier modalidad (maciza, vigueta y bovedilla, etc.), y sistemas de piso tradicionales a base de tabique, ladrillo y terrado con vigueta y bóveda catalana, por ejemplo.

3.5 Elementos considerados de aspectos legales en minas y fraccionamientos

Para este trabajo es importante conocer los aspectos legales desde el punto de la exploración y explotación de las minas y la autorización de la construcción de

nuevos fraccionamientos; dado que en estos documentos se establecen las diferentes condiciones que deben cumplir los sitios –zonas aptas– para la actividad minera y las características físicas para el establecimiento de nuevos fraccionamientos y obtener los permisos correspondientes, garantizando no afectar al medio ambiente y minimizar el riesgo de la población ante cualquier amenaza existente.

De esta norma, código y reglamentos se retoman aspectos a considerar para el levantamiento de trabajo de campo (obtención de datos), y que son fundamentales para determinar el grado de vulnerabilidad física estructural de las zonas habitacionales del área de estudio.

De la Norma Técnica Estatal Ambiental, se retoman la terminología establecida en ésta para la comprensión de los conceptos. Por otra parte, se incorporan algunas especificaciones como:

- Consideraciones generales: superficie de la mina, tipo de material de extracción, distancia de límites con terrenos colindantes, la altura de los taludes y compatibilidad con el uso del suelo establecido por el PDUM.
- Aspectos hidrológicos y geológicos: distancia de una falla activa, estudio de mecánica de suelos y estabilidad de taludes y desvío de causas y cuerpos de agua.
 - Los tipos de suelo o roca existentes en la zona.
 - Altura e inclinación de ladera.
 - Discontinuidad de la ladera.
 - Echados favorables al deslizamiento.
- Condiciones para la exploración y/o explotación: Almacenamiento de suelo fértil, creación de barrera física, evita el depósito de residuos sólidos urbanos, reduce el riesgo de accidentes.
- Rehabilitación ecológica: nivelación del piso, cubrimiento con la capa fértil del suelo, cubrimiento con capa vegetal la zona explotada.
- Finalización de la actividad minera: retiro y demolición de maquinaria y retiro de residuos sólidos y limpieza.

Del código de edificación de la vivienda, se retomaron los conceptos más relevantes, así como los criterios que se deben considerar para la creación de fraccionamientos, siendo los siguientes:

- Medio natural: topografía, hidrología, vulnerabilidad geológica y tipo de suelo.
- Evaluación y mitigación del riesgo: identificación de zonas sujetas a deslizamientos o derrumbes.
- Investigación de las colindancias: hundimientos y agrietamientos.
- Reconocimiento del sitio: Existencia de rellenos superficiales por la presencia de minas a cielo abierto.

De las políticas de Desarrollo Urbano del municipio, se retomó los fraccionamientos autorizados, así como tipo de vivienda que se construyó.

Finalmente a partir de la clasificación de la vivienda de acuerdo con la tipología de CENAPRED (2014), se consideraron los tipo de materiales para la construcción de la vivienda, tales como:

- Año de construcción.
- Tipo de vivienda.
- Sistema estructural.
- Tipo de materiales utilizados en techos y muros.

Lo anterior, se encuentra plasmado en las fichas de trabajo de campo para zonas mineras y habitacionales de la zona de estudio. Ver anexo 1 y 2.

CAPITULO IV. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La caracterización del municipio involucra los aspectos físico-geográficos más relevantes, constituyendo una descripción de la situación actual del medio natural, los cuales se incluyen para el análisis de la vulnerabilidad y los procesos de remoción en masa, además de los comprendidos en la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-002-SMA-DS-2009.

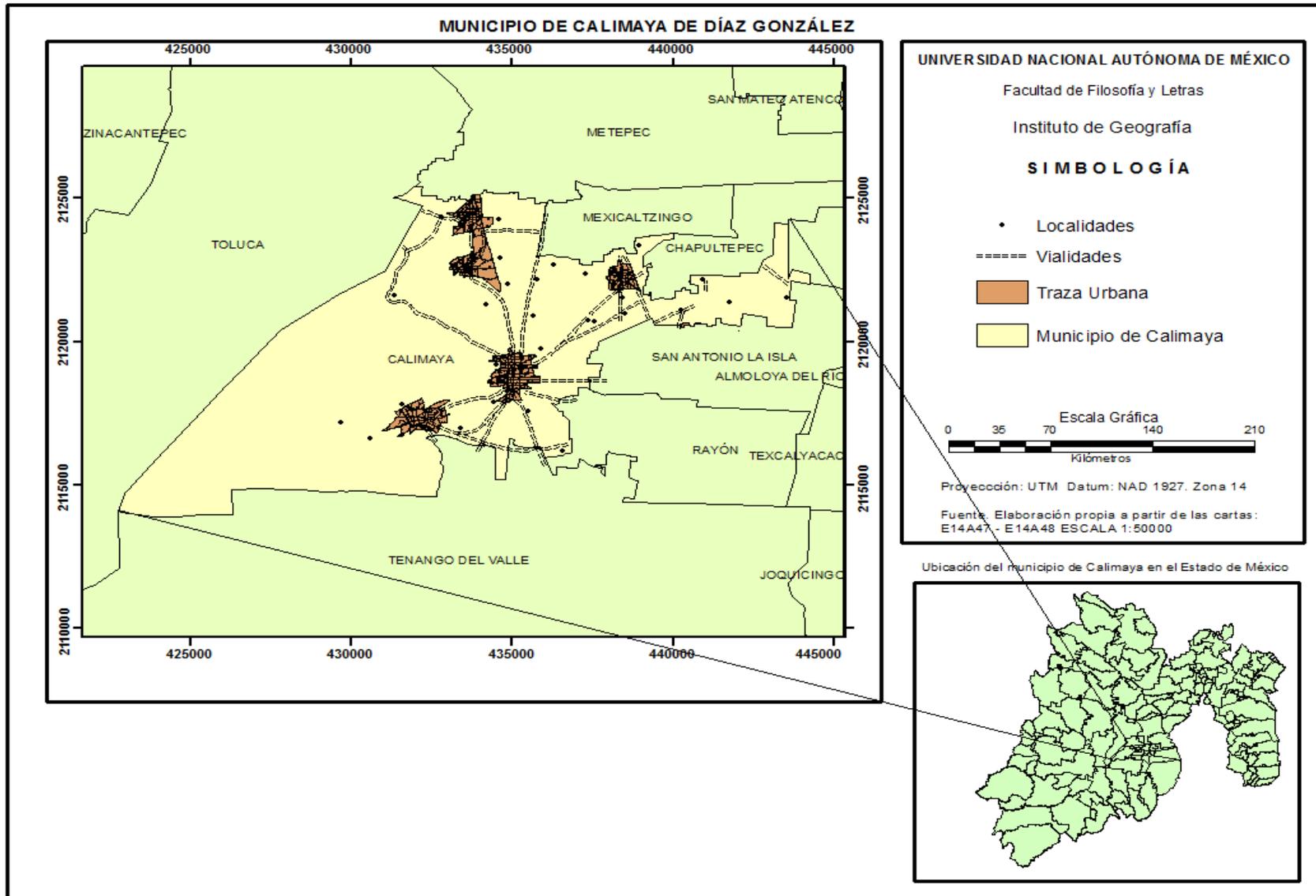
4.1 Ubicación del municipio

De acuerdo al Plan Municipal de Desarrollo (2013-2015), el municipio de Calimaya se ubica en la porción suroeste del Estado de México y pertenece a la región XIII Toluca, forma parte de las últimas estribaciones del Nevado de Toluca o Xinantécatl, y se extiende entre los 19°13'25'' de latitud norte y una longitud oeste de 99°44'02''. Presenta una superficie aproximada de 104.25 kilómetros cuadrados y ocupa el 0.46% de la superficie estatal.

Limita al norte con los municipios de Metepec, Mexicaltzingo y San Miguel Chapultepec, al sur con Tenango del Valle, al este con Santiago Tianguistenco, San Antonio la Isla y Tenango del Valle, y al oeste con el municipio de Toluca de Lerdo. (Ver mapa 1).

El municipio de Calimaya, está integrado por una cabecera municipal denominada Calimaya de Díaz González y nueve localidades importantes: Calimaya de Díaz González, Zaragoza de Guadalupe, San Diego la Huerta, San Lorenzo Cuauhtenco, Santa María Nativitas, San Andrés Ocotlán, San Bartolo Tlaltelolco, La Concepción Coatipac y San Marcos de la Cruz (IGCEM, 2011), por su situación geográfica está interconectado por la carretera estatal Toluca-Tenango, que es la principal carretera hacia el municipio; permite el traslado de bienes y servicios hacia los diferentes municipios colindantes.

Mapa 1. Localización del municipio de Calimaya de Díaz González



4.2 Características físicas

El municipio de Calimaya de Díaz González, forma parte del sistema montañoso del Volcán Nevado de Toluca (Xinantécatl) y del cerro Putla que se ubica al suroeste de la cabecera municipal, asimismo, presenta en el territorio cañadas, montes y valles; de acuerdo a las cartas topográficas E14-A47 y 48, la máxima altitud se encuentra en el pie del volcán con 4,030 msnm y una mínima de 2,580 encontrándose esta altitud hacia el noreste de la cabecera municipal. (Ver mapa 2).

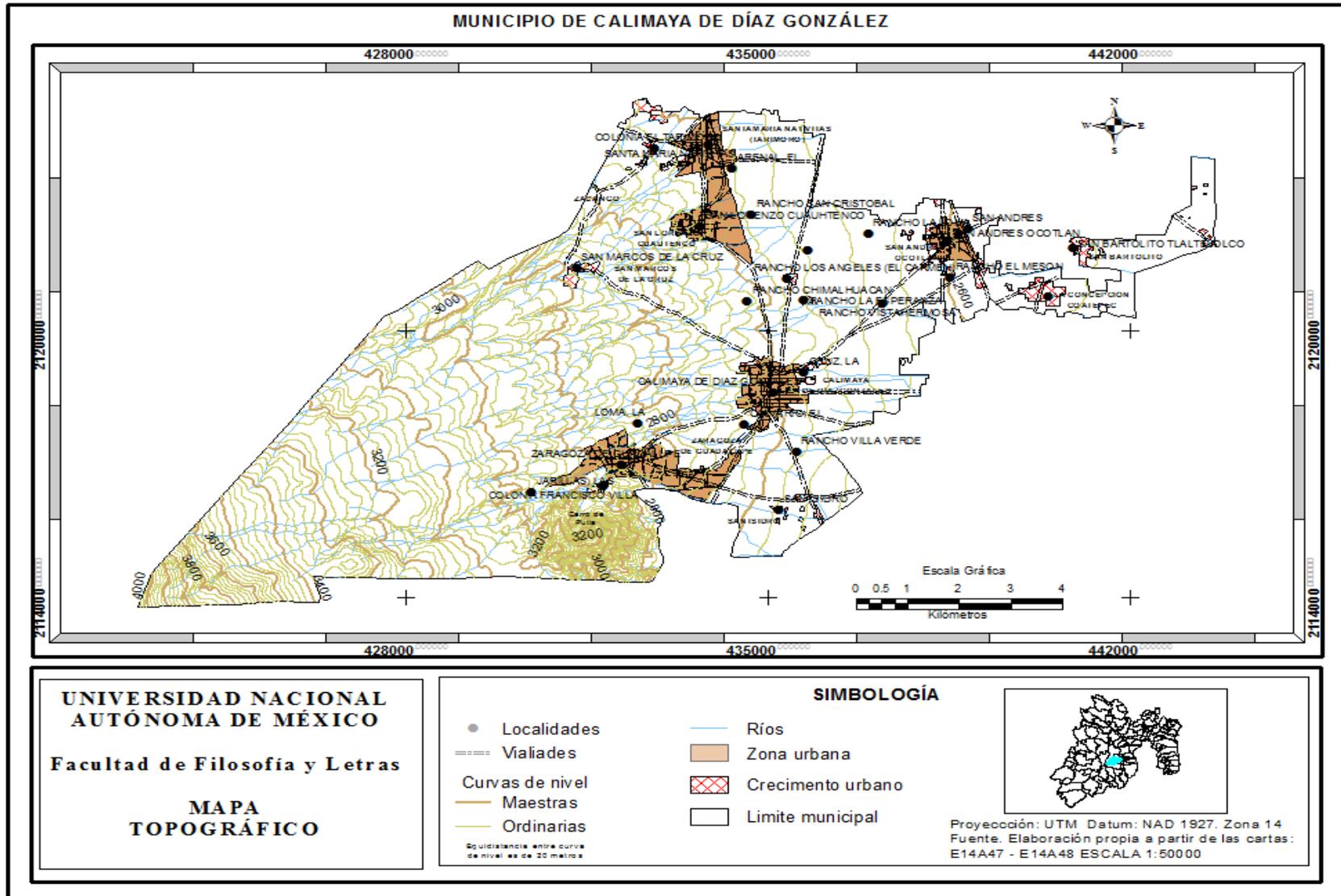
El municipio de Calimaya, se caracteriza por localizarse en una zona de laderas con pendientes de 35°, que impactan en su relieve, es decir, éstos se ubican en la parte central del municipio y forman parte del Nevado, lo que ocasiona en época de lluvia que exista la presencia de deslaves y/o desprendimientos y caídas de materiales (principalmente por las altas precipitaciones) si a esto se añade la deforestación que existe el riesgo ambiental es mayor. Las localidades que están ubicadas en las zonas más vulnerables son Zaragoza de Guadalupe, San Diego La Huerta, San Marcos de la Cruz y Calimaya de Díaz González. (GEM, 2011).

De acuerdo con Espinosa (2001) y el Plan Municipal de Desarrollo Urbano (GEM, 2011), en el municipio se presentan tres tipos de morfología, las cuales son:

Volcánica y Tectónica: conformada por laderas con características inclinadas de la superficie terrestre, escalonada en su perfil, se presentan varias rupturas de pendiente que forman numerosos escalones; por otro lado, las laderas compuestas crean combinaciones con las anteriores; cada una de estas puede causar riesgo a las zonas urbanas, es posible la remoción en masa, es decir, desprendimientos de materiales.

Derivado de la presión que ejercen, dan como resultado la conformación de planicies, que se caracterizan como una porción de la superficie terrestre con cualquier dimensión, equivalente a un plano horizontal o con pendiente. Son caracterizados por su composición en depósitos exógenos de tipo aluvial o lacustre.

Mapa 2. Topográfico



Glaciar y Periglaciar: Se presentan en lo que es límite de las nieves permanentes y depósitos de rocas transportados por glaciares, que en épocas pasadas existían en el Nevado de Toluca y que aún hoy quedan vestigios.

Fluvial: Esta morfología es producto de los procesos de las lluvias y que afecta a últimas fechas al territorio municipal, un ejemplo claro de ello es la remodelación del relieve de manera dinámica y relativamente rápida, especialmente en los barrancos y las depresiones existentes en el municipio, fomentando procesos de erosión, que tienen que ver con la precipitación del agua, debido a que son resultado de este encuentro entre las fuerzas del agua y la tierra, dando como resultado riesgos ambientales y urbanos, éstos impactan directamente a las localidades del municipio de Calimaya. Los procesos anteriores se presentan desde las zonas altas hasta las bajas y de manera general caracterizan al territorio por el fluido de agua proveniente de manantiales.

La composición geológica que presenta el municipio, está conformada por rocas volcánicas y volcanoclásticas pliocénico-cuaternarias, así como por depósitos sedimentarios fluviales y lacustres, producidos simultáneamente con el vulcanismo del Plioceno-Cuaternario (GEM, 2011), esto favorece que sea más apto para el desarrollo de la actividad minera en materiales pétreos.

El sistema montañoso Nevado de Toluca, está constituido por material andesítico arrojado en el segundo periodo de su actividad volcánica. Este material se deposita sobre andesitas de la primera etapa eruptiva, las cuales a su vez se encuentran superpuestas a rocas sedimentarias del Cretácico Medio e Inferior. (GEM, 2011)

El volcán fue formado sobre rocas volcánicas del Oligoceno y del Mioceno-Plioceno, las cuales descansan sobre rocas Mesozoicas (Mooser *et al.*, 1974). Cantagrel *et al.*, (1981), consideran que el volcán ha pasado por dos fases volcánicas distintas. La primera sucedió aproximadamente un millón de años, y consistió en la construcción de un aparato central volumétricamente importante, cuyos productos volcánicos fueron derrames masivos y brechoides andesíticos con formación de facies conglomeráticas en las partes más extremas. La

segunda hace aproximadamente 100 millones de años y se caracteriza por tres etapas de erupción de grandes volúmenes de rocas piroclásticas, pumíticas y extracciones de varios domos dasíticos. Bloomfield *et. al.* (1974), plantean que se tuvo una última erupción hace 10000 o 12 000 años. Producto de estas fases, se presentan dos formaciones: Pómez Toluca Inferior y Pómez Toluca Superior.

La formación Pómez Toluca Inferior, es una muestra de dirección de flujos eruptivos del Xinantécatl depositados sobre la ladera Noreste del volcán, siendo su composición petrográfica constituida en su mayoría por pómez, algunos líticos y cristales (Aceves, 1997). Cubre una superficie aproximada de 400 km² y se caracteriza por poseer cinco unidades diferenciales: La primera unidad es un paleosuelo de color café de composición húmico-arcilloso con un horizonte de 25 cm, y sobre ésta descansan los depósitos de materiales piroclásticos, que de acuerdo con los trabajos de Bloomfiel *et. al* (1974) estas capas pertenecen a la formación Zinacantepetl y se caracterizan por presentar un grosor de 60 cm y una estratificación poco clasificada, compuesta de lapilli de pómez. La capa siguiente, se compone del mismo material, con una estratificación que no supera los 4 cm. En la última se observa la incrustación de pómez blanca, así como de capas de pómez intercaladas con cenizas y material lítico de diversas granulometría; materiales que subyacen a la última capa pómez de 15 cm., la cual se encuentra coronada de cenizas.

La formación Pómez Toluca Superior, se encuentra desarrollada sobre la ladera Este-Noreste del volcán siendo la más representativa de la última erupción pliniana hace 11,600 años. De hecho, se considera que dicha manifestación eruptiva por lo menos fue diez veces más violenta que la primera, ya que la granulometría, los índices de fragmentación de los líticos y la distribución de la pómez, sugieren que la velocidad de escape de dichos materiales alcanzó 50 m a partir del cráter, y que la columna eruptiva alcanzó por lo menos los 40 km. de altura durante el estallido (Bloomfield y Valastro, 1974). Cubriendo los depósitos de una superficie superior a los 2000 km², sepultando a los cimientos de la formación Pómez Toluca Inferior y un paleosuelo bien desarrollado.

A partir de los antecedentes geológicos de la zona de estudio, se puede comprender como se ha dado origen a la formación de los materiales pétreos, cuyos productos son principalmente piroclásticos, es decir, resultado de una asociación ígnea volcánica. Los productos que se registran actualmente son: arena, grava, tepojal y tezontle en mayor medida, que son explotados para su comercialización para la construcción. (Ver mapa 3).

Con base en las cartas edafológicas de INEGI (2000), los tipos de suelos representativos del municipio son: Feozem, Andosol, Regosol, Cambisol y Vertisol (Ver mapa 4). En términos de explotación económica a través de la extracción, en Calimaya existen yacimientos de arena, grava y cantera.

De acuerdo con la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo WRB (2007), se presentan las siguientes características por tipo de suelo en el municipio.

El suelo predominante en el municipio (zona centro y noreste-suroeste) es el Feozem, que se caracteriza por tener una superficie oscura de consistencia suave, rica en materia orgánica y nutriente. Los usos que se le dan son variados en función del clima, relieve y algunas condiciones del suelo, los feozems son profundos y localizados en terrenos planos, se utilizan en agricultura con altos rendimientos.

El Andosol, es el suelo que destaca en superficie, los cuales son típicamente suelos negros propios de paisajes volcánicos, se localiza principalmente en la zona noroeste y suroeste del municipio; su material está compuesto por vidrios y erupciones volcánicas, principalmente ceniza, pero también tufa, pómez u otro material rico en silicato. Se desarrolla en topografías de ondulado a montañosas, de clima húmedo, sustenta una vegetación de bosque y son usados para la agricultura, sin embargo presentan un rendimiento agrícola bajo son suelos susceptibles a la erosión.

El tipo de suelo Regosol, es de minerales muy débilmente desarrollados en materiales no consolidados, estos suelos no tienen un horizonte mólico o úmbrico, no son muy someros ni muy ricos en gravas, son arenosos o con materiales flúvicos; abarcan parte de la cabecera municipal y se extienden hacia el suroeste, el uso de estos suelos depende del tipo de vegetación y del relieve.

Los Cambisoles combinan suelos con formación de por lo menos un horizonte subsuperficial incipiente, son evidentes por cambios en la estructura, color, contenido de arcilla o contenido de carbonatos; presentan materiales de textura media a fina derivados de un amplio rango de rocas, se desarrollan en terrenos llanos a montañosos en todos los climas y poseen un amplio rango de tipos de vegetación que se desarrollan en ellos; se pueden encontrar en la parte central de municipio y noreste en pequeñas áreas.

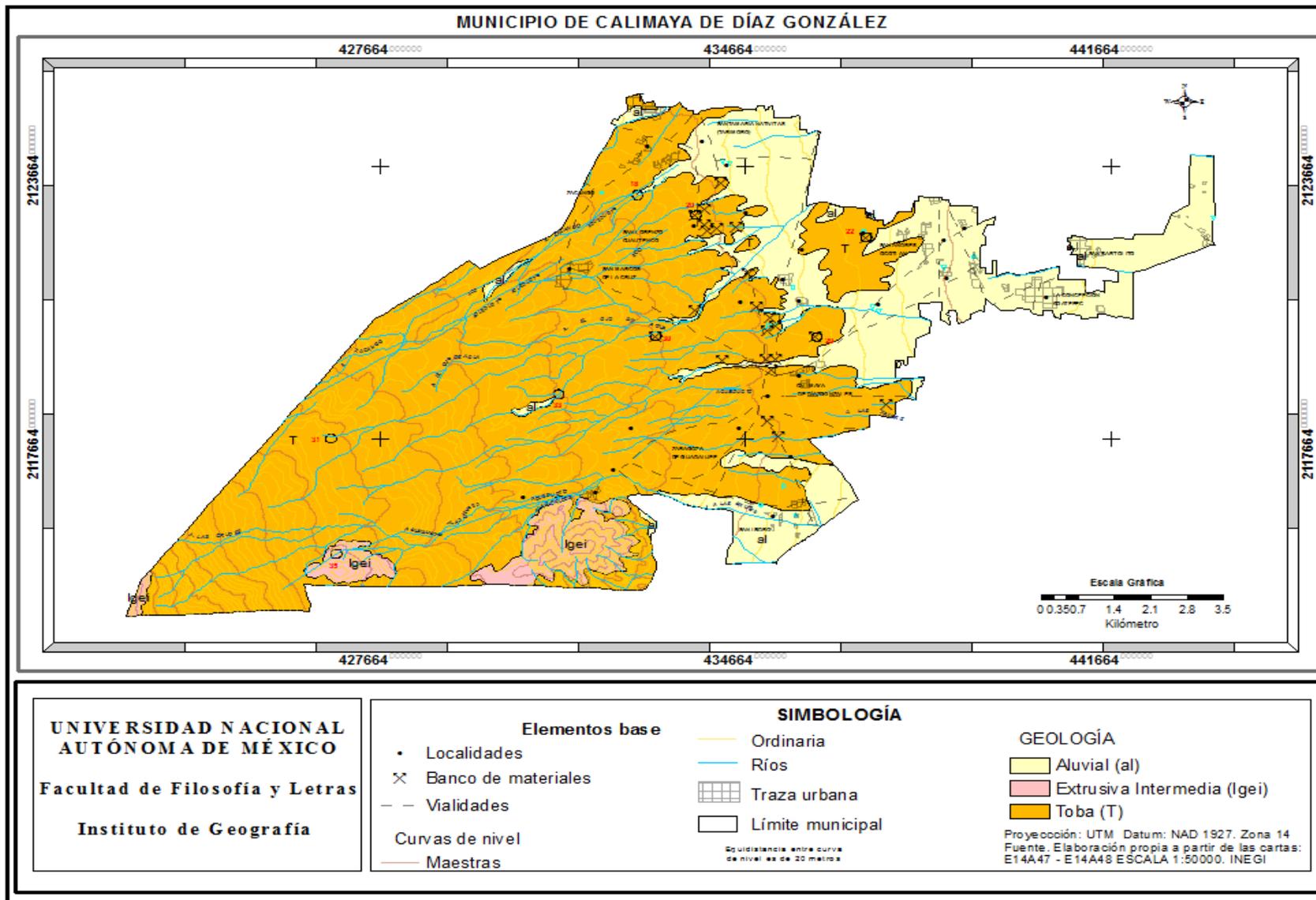
Por último, con menor área de superficie ocupada se encuentra el tipo de suelo Vertisol, son suelos considerados muy arcillosos, que se mezclan, con alta proporción de arcillas expandibles. Estos suelos forman grietas anchas y profundas desde la superficie hacia abajo cuando se secan, se localizan en depresiones y áreas llanas a onduladas, principalmente en climas tropicales, subtropicales, semiáridos a subhúmedo y húmedos con una alternancia clara de estación seca y húmeda. La vegetación climax es sabana, pastizal natural y/o bosque. (Ver mapa 4)

De acuerdo a lo anterior, el suelo del municipio de Calimaya actualmente es utilizado en un 67.30% en actividades agrícolas con monocultivos de temporal principalmente, maíz, avena forrajera, zanahoria y papa, presentando una fuerte tendencia al cambio de uso de suelo, ya sea habitacional en las periferias de las localidades o en su caso para la extracción de los materiales pétreos. El uso forestal se presenta principalmente en las partes altas del municipio (GEM, 2011).

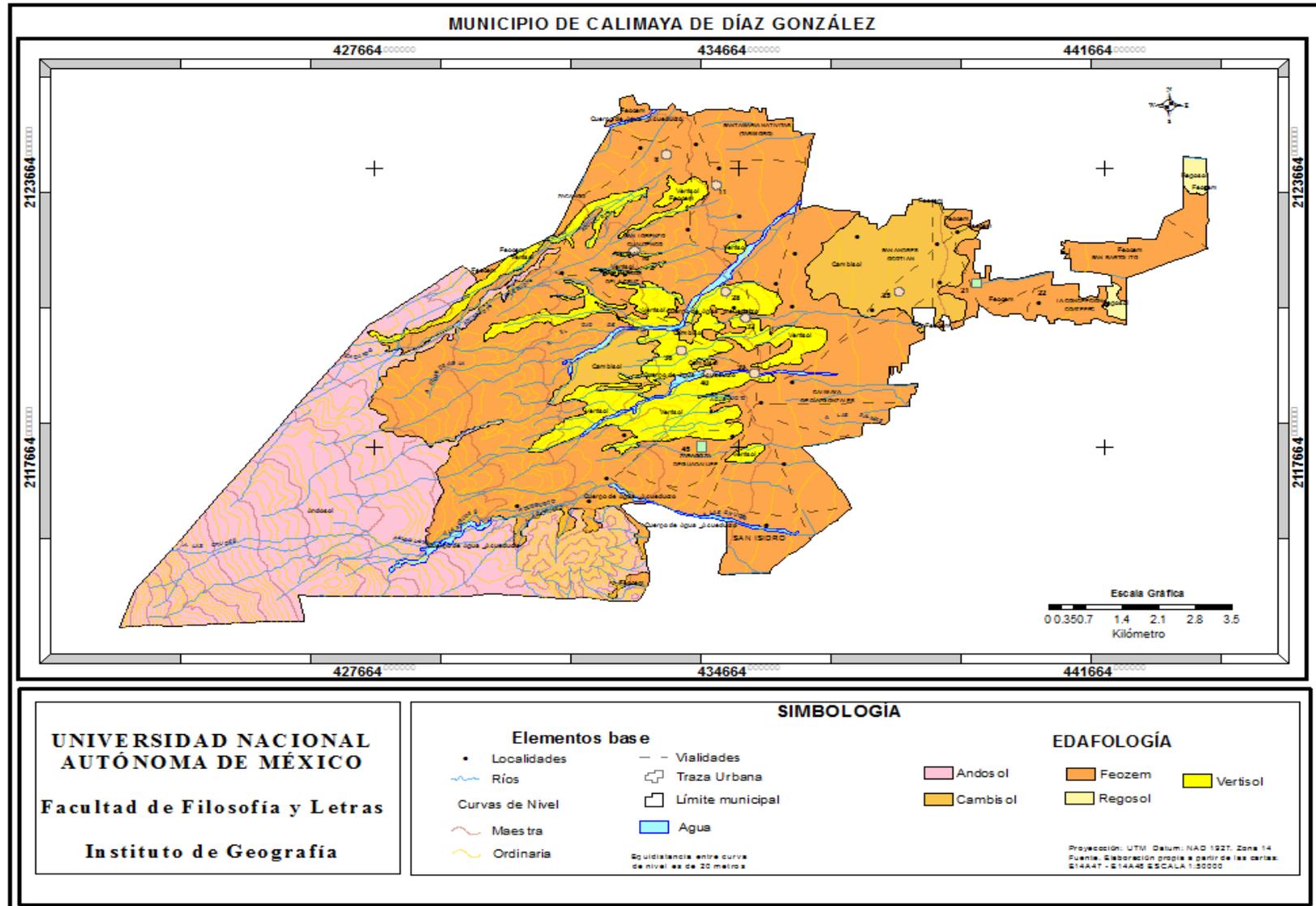
4.3 Componentes bióticos

Dentro de las Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-002-SEGEM-AE-2009. Se establece la importancia de la no afectación a las áreas provistas de vegetación y a las Áreas Naturales Protegidas (ANP), por lo tanto, es importante hacer la referencia a estos elementos que están presentes en el municipio.

Mapa 3. Geología



Mapa 4. Edafología



Las comunidades vegetales del municipio de Calimaya se integra por cuatro tipos de vegetación: bosques de encino, bosque de oyamel, bosque de pino, pradera natural e inducida. (GEM, 2011). Desde el punto de vista florístico, se pueden encontrar especies tales como: pino ayacahuite, pino ocote, jaltomate, lengua de vaca, chayotillo, ortiga, tejocote. Existen zonas boscosas y matorrales de importancia, encontrándose éstos principalmente hacia el suroeste de la cabecera municipal. Dentro del tipo de vegetación que forman parte del área natural protegida del Nevado de Toluca están los bosques, ya que se ubican principalmente dentro de sus límites, uno de los más predominantes es el bosque de pino con el 11.78% del espacio, seguido en mucho menor proporción los bosques de encino y oyamel con el 1.23% y 1% respectivamente. (GEM, 2011).

Las Áreas Naturales Protegidas, permiten preservar los recursos naturales como la flora y la fauna, ya que aseguran el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y sus elementos, siendo importante hacer un uso eficiente y eficaz de dichos recursos. En el municipio se localizan dos importantes ANP ver tabla 13.

Tabla 13. Áreas naturales protegidas en el municipio de Calimaya

Nombre y año de Decreto	Municipios	Superficie total del ANP (ha.)	Tipo de vegetación
Parque Nacional Nevado de Toluca 1936 y 1937; Área de protección de flora y fauna "Nevado de Toluca". (2013).	Almoloya de Juárez, Amanalco de Becerra, Calimaya, Coatepec Harinas, Temascaltepec, Tenango del Valle, Toluca, Villa Guerrero y Zinacantepec	51,000	Bosque de pino, bosque de oyamel, bosque de encino, bosque mixto y pastizal de alta montaña
Parque Ecológico, Zoológico (PEZ), Recreativo y Turístico Tollocan-Calimaya "Zoológico de Zacango" (1981)	Calimaya y Toluca	159.22	Bosque inducido

Fuente: CEPANAF (2010).Coordinación General de Conservación Ecológica y Coordinación de Estudios y Proyectos Especiales.

El Área de Protección de Flora y Fauna, se encuentra dentro de las inmediaciones de la cordillera Neovolcánica, fue declarada ANP el 15 de enero de 1936, cuenta con una superficie de 51 mil hectáreas, y se enmarca dentro de nueve municipios, dentro de los cuales se encuentra Calimaya. Por otra parte el

Gobierno del Estado de México, decreta la creación del Parque Ecológico, Zoológico, Recreativo y Turístico Tollocan-Calimaya, con una superficie aproximada de 159 hectáreas (Ver mapa 5).

4.4 Características demográficas

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2010, el municipio de Calimaya contaba con una población de 47,033 habitantes, de los cuales 23,061 son hombres y 23,972 mujeres, y un total de 10,694 viviendas. Su crecimiento poblacional se ha propiciado principalmente debido al proceso de urbanización que ha presentado en los últimos años, a consecuencia de la autorización de nuevos conjuntos urbanos, que ha traído población de la zona del Valle de Toluca a residir al municipio.

De acuerdo al Plan de Desarrollo Urbano (2011), se tiene registrado que el año 1999 se autoriza el primer conjunto urbano de tipo residencial de nombre "Rancho el Mesón", a partir del 2005 se autorizan 9 conjuntos urbanos más, que vienen a modificar la dinámica de crecimiento urbano y poblacional del municipio; el primero de ellos con viviendas de tipo medio, denominado "Villas del Campo", iniciando la construcción en 1999 y autorizado en 2007, el segundo de ellos denominado "San Andrés", con vivienda de tipo residencial autorizado a finales del año 2007; el tercero de tipo interés social, de nombre "Valle del Nevado" autorizado a finales del año 2009.

Los cinco conjuntos urbanos subsecuentes fueron autorizados en el 2010. "Rancho la Providencia" con viviendas de tipo medio, la segunda etapa del Villas del Campo, con el nombre "Villas del Campo II" con viviendas de tipo medio; "Bosques de las Fuentes" con vivienda de tipo residencial, "URBIS Hacienda Lomas" viviendas tipo medio, y "Valle de las fuentes" tipo mixto (habitacional, residencial con comercios y servicios). (Ver tabla 14)

La ubicación de estos fraccionamientos se encuentra en la periferia de la cabecera municipal hacia en el norte, y en las localidades de Santa María Nativitas al noreste; la Concepción Coatipac hacia el oriente y San Andrés Ocotlán al sur y norte del municipio, sobre la carretera Toluca-Tenango.

Mapa 5. Áreas Naturales Protegidas

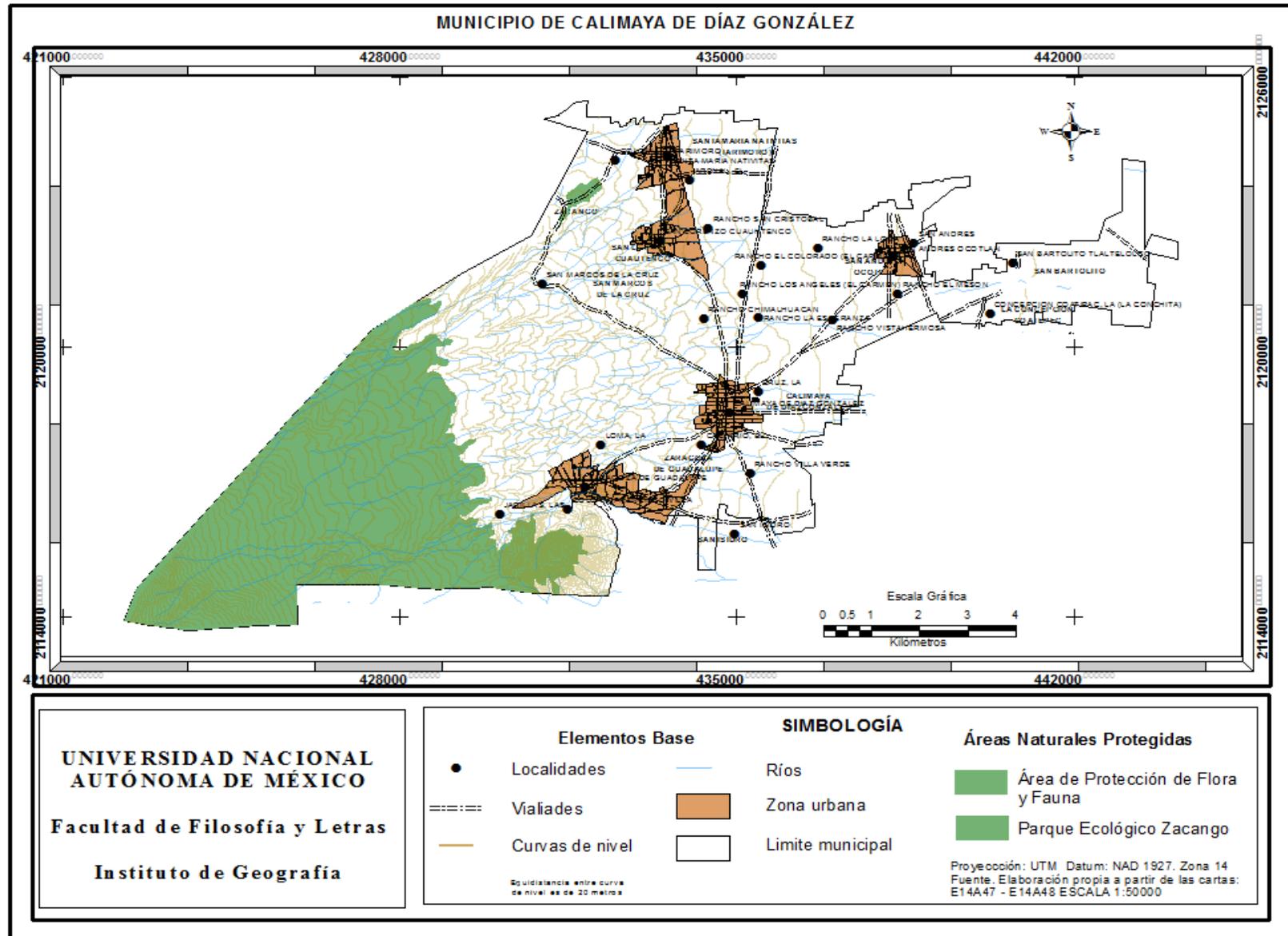


Tabla 14. Conjuntos Urbanos autorizados 1999 al 2012

Nombre del Conjunto Urbano	Empresa/Pormotor	Tipo de Vivienda	No. de Viviendas	Población Beneficiada
Rancho el Mesón	Inmobiliaria Hemajo de Atlacomulco, S.A. De C.V.	Residencial	125	S/D
Villas del Campo	Geo Edificaciones, S.A. De C.V.	Mixto: (Medio 3,112 Y Residencial 93)	3205	14,423
San Andres	Inmobiliaria Hemajo de Atlacomulco, S.A. De C.V.	Medio	121	545
Villas del Campo II	GEO Edificaciones, S.A. de C.V.	Tipo Habitacional Medio	1,892	8,514
Valle del Nevado	GEO Edificaciones, S.A. de C.V.	Habitacional de Interés Social	2,783	12,524
Rancho la Providencia 1	Proyectos Inmobiliarios de Culiacán, S.A. de C.V.	Habitacional Medio	310	1,395
URBI Hacienda Lomas	Promoción y Desarrollos URBI, S.A. de C.V.	Habitacional Tipo Medio	325	1,463
Bosque de las Fuentes	Inmobiliaria HATTIE, S.A. de C.V.	Tipo Mixto (Habitacional Residencial con Comercio y Servicios)	987	4,442
Hacienda de las Fuentes	GEO Edificaciones S.A. de C.V.	Habitacional Tipo Medio	1,750	1,750
Valle de las Fuentes	Consortio Inmobiliario ZERO, S.A. de C.V.	Tipo Mixto (Habitacional Residencial con Comercio y Servicios)	464	2,088
			11,837	47,144

Fuente: Secretaría de Desarrollo Urbano del Gobierno del Estado de México. Estadística de Conjuntos Urbanos. Obtenido el 4 de marzo en http://portal2.edomex.gob.mx/sedur/informacion_de_interes/conjuntos_urbanos/index.htm

4.4.1 Uso de suelo

La actividad predominante en el municipio es la actividad agropecuaria lo que se refleja en un 64.29 % del total municipal con monocultivos de temporal, entre los que se encuentran: el maíz y avena forrajera, es de notarse una fuerte tendencia al cambio de uso de suelo ya sea habitacional en las periferias de las localidades o en su caso para la extracción de los materiales pétreos, y el uso forestal se presenta principalmente en el tipo de suelo aluvial del municipio.

Por otra parte, el régimen de tenencia de la tierra se compone de la siguiente manera: propiedad privada ostenta 5,339.58 Has.; el régimen ejidal comprende 2,012.33 Has.; el comunal cuenta con 888.61 Ha, siendo la propiedad privada la de mayor importancia dado que concentra el 64.80% de la superficie total. El régimen de propiedad que prevalece en las zonas urbanas, los bancos de materiales y los fraccionamientos es de índole privada.

4.4.2 Actividades económicas

De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda (2010), la Población Económicamente Activa (PEA) de 12 años y más en el municipio era de 17,875 habitantes; en lo referente a las actividades económicas el sector terciario contó con un 42% de la población dedicada a esta actividad, principalmente al comercio y los servicios especializados; por otro lado, el sector secundario ocupa el 32.61% de su población en actividades especializadas en la industria del ladrillo y algo de manufactura textil y prendas de vestir; con respecto al sector primario se tuvo un 20%, es claro que este sector lleva la inercia de la tendencia disminución principalmente en la agricultura, no así en la actividad minera.

4.4.3 Actividad minera

De acuerdo con el Instituto de Fomento Minero y Estudios Geológicos del Estado de México (2013), se tiene registro de 33 minas ubicadas en el municipio de Calimaya, de las cuales el 63.6% están inactivas y 36.4% están activas y abarcan una extensión de 393.89 ha. (Ver mapa 6).

Del total de minas solo 13 de ellas se consideran activas y de las cuales se extraen principalmente los materiales pétreos como: arena, grava, arcilla y tepojal, estos materiales son empleados principalmente para la construcción (ver tabla 15). La extracción del tepojal representa el 10% del

total de las minas, siendo su extracción la que provoca mayores problemas ambientales en el municipio.

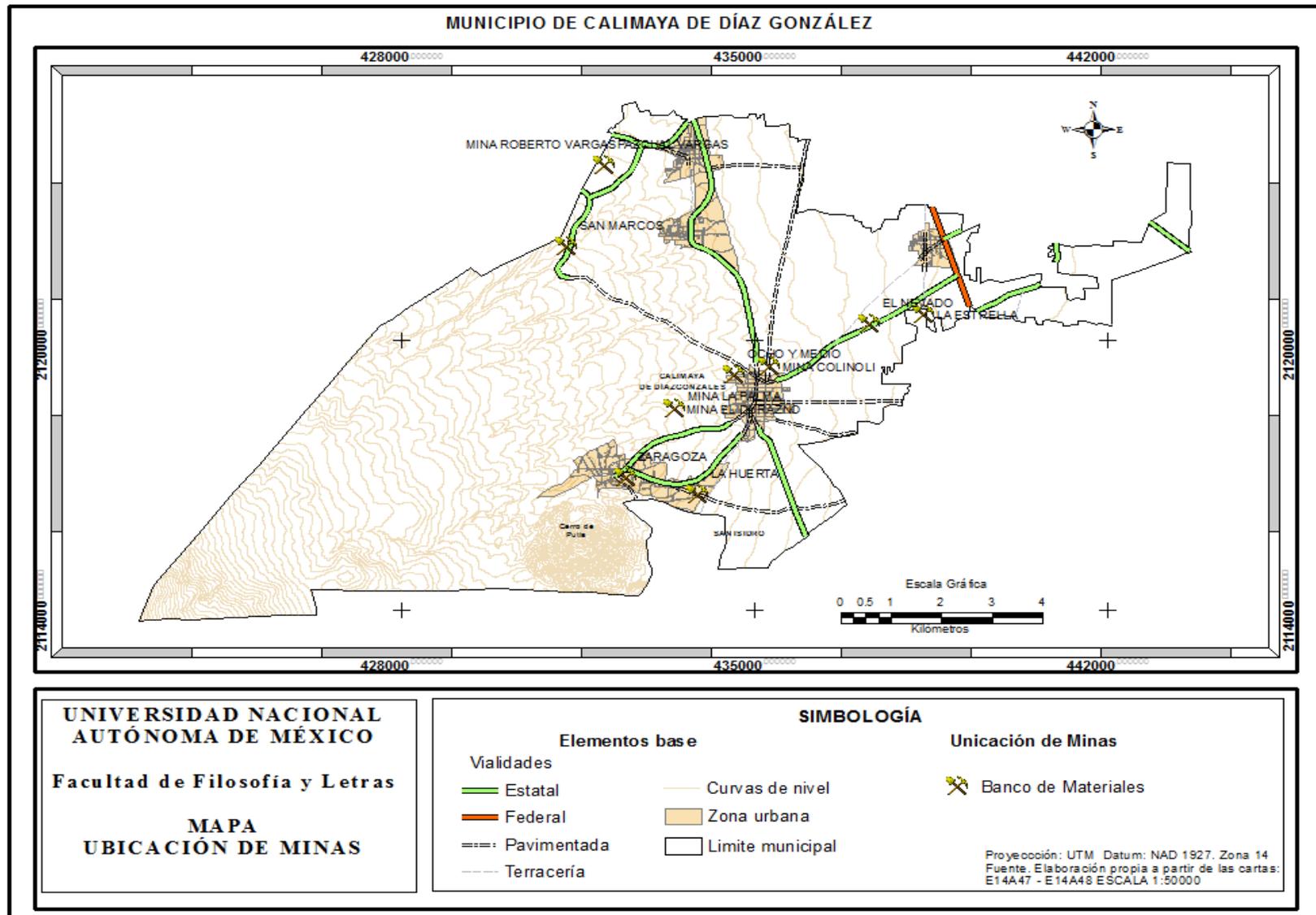
La distribución espacial de esta actividad se concentra principalmente al norte y noreste de la cabecera municipal, en relación con la geología, se encuentra en depósitos de toba y materiales aluviales dando cabida a la presencia de materiales pétreos, asimismo, predomina el suelo feozem idóneos para la agricultura por sus propiedades, y el cambisol y vertisoles.

Tabla 15. Minas del municipio de Calimaya, 2013

Estatus	Nombre De La Mina y/ Razón Social	Mineral	Actividad / concesiones	Personal ocupado máximo registrado	Razón Social
Activas	Colinoli	Arena y Grava	Extracción clasificación y venta	10	Mina Colin S.A. DE C.V.
	El Nevado			12	Mina el Nevado
	Ocho y Medio SA de CV			12	Mina Ocho y Medio S.A de C. V.
	San Diego La Huerta	Tepojal (pumicita)		5	Lozetas y Materiales S. A. de C. V.
	San Marcos de la Cruz			8	Productores Independientes
	Zaragoza			5	Productores Independientes
	Santa Maria Nativitas	Arcilla común		6	Productores Independientes
	Nativitas	Arena, Grava		10	Juan Vargas Pérez
	Pascual Vargas			7	Pascual Vargas
	El Durazno			10	Mina El Durazno
	La Palma			10	Planta Arenera La Palma
	La Guadalupana			8	Mina La Guadalupana

Fuente: Instituto de Fomento Minero y Estudios Geológicos del estado de México, (2013).

Mapa 6. Ubicación de bancos de materiales



Es importante señalar que el 90% de los bancos de materiales de encuentra cerca de las zonas urbanas y de las principales vías de comunicación, con la finalidad de poder transportar su producto.

De acuerdo con el Instituto de Fomento Minero y Estudios Geológicos del Estado de México se tiene el registro de la mina Colinoli S.A de C.V, cuenta con varios bancos de extracción de materiales pétreos (ocho), encontrándose tres en el área de estudio: Colinoli, Guadarrama y Magdalena. Siendo estos bancos de materiales los que presentan colindancia con la zona habitacional y con el fraccionamiento Villas del Campo.

CAPITULO V. VULNERABILIDAD FÍSICA DE LA ZONA HABITACIONAL DERIVADA DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA, ASOCIADOS A LA ACTIVIDAD MINERA

5.1 Condiciones físicas de los elementos expuestos a los procesos de remoción en masa.

La zona de estudio comprende 512 hectáreas, distribuidas de la siguiente manera, el 29.5% ocupados por los bancos de materiales –mina Colinoli S.A de C.V, con cuatro bancos de materiales en la zona de esta empresa; mina Guadarrama, mina Magdalena-; 30.3% de la zona habitacional (fraccionamiento Villas del Campo y la zona urbana de la cabecera municipal de Calimaya) y 40.4% corresponde a la zona de agricultura y barrancas. (Ver mapa 7).

La zona se encuentra asentada principalmente en rocas volcánicas y volcanoclásticas pliocénico-cuaternarias así como en depósitos sedimentarios; producto de la actividad volcánica del Nevado, formaciones Pómez Toluca Inferior y Superior.

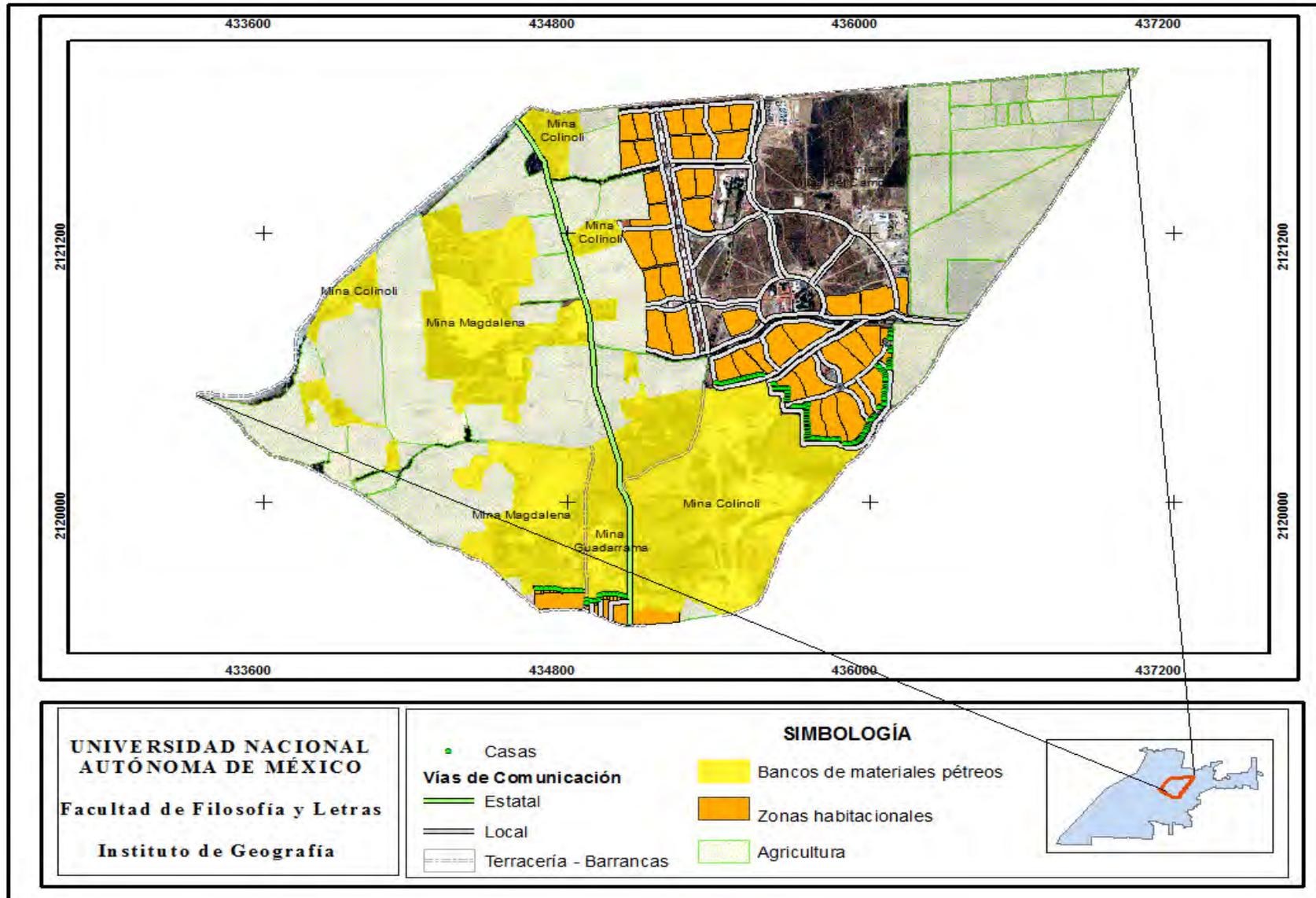
A partir del trabajo de campo se comprobó la existencia de rocas piróclásticas, así como las pumitas de las formaciones Pómez que dieron origen a los diferentes materiales pétreos como la arena, grava y tepojal. (Ver figura 6).

La zona habitacional se encuentra asentada en material aluvial que tiene un espesor de 10 a 20 cm, considerados suelos sueltos por la concentración de la humedad que presenta, se encuentran algunos arbustos y árboles con raíces someras y de fácil desprendimiento. Enseguida, se tiene el material pómez de color amarillo y blanco, perteneciente a las diferentes formaciones de Pómez Toluca Superior e Inferior, con un espesor de 1 a 2 m., presentándose alta porosidad con poco peso, características de poca retención de humedad. La capa siguiente son las rocas de materiales piroclásticos donde el espesor es mucho mayor a los anteriores, compuesta principalmente de arena y fragmentos de roca (grava) de diferentes tamaños, es importante resaltar que ésta no se

encuentra consolidada, ya que al contacto existe fácil desprendimiento del material y de acuerdo a la dureza de la roca frente al martillo del geólogo⁷.

⁷ Documento consultado Junio 2015, en <http://www.inforock.es/Georock6/2c.jpg>

Mapa 7. Uso de suelo de la zona de estudio



Presenta un grado R1 correspondiente a una roca muy débil⁸, con un valor aproximado de la resistencia a compresión simple de 1,0 -5,0.

Figura 6. Tipo de materiales en las minas Colinoli, Guadarrama y Magdalena



Mina Colinoli, zona noreste. Se encuentran los materiales como pómez, piroclásticos y la acumulación de estos por desprendimientos y/ o caídas en la ladera.



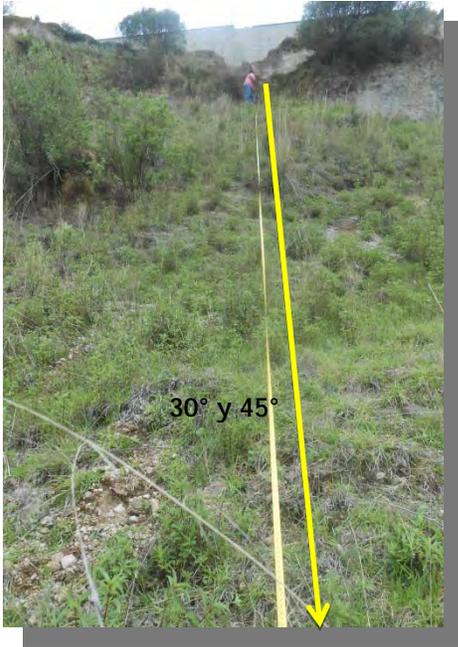
Mina Guadarrama y Mina Magdalena zona sur de éstas. Se observa los materiales aluviales y piroclásticos en pendientes totalmente verticales.

Por otra parte, en los bancos de materiales colindantes a la zonas habitacionales se presentan inclinaciones de ladera con pendientes que oscilan entre 30° y 45°, en algunos casos la pendiente es de 90° (paredes totalmente verticales), lo cual

⁸ Descripción de campo: Deleznable bajo golpe fuertes con la parte puntiaguda del martillo geológico; puede desconcharse con una navaja.

ha favorecido que exista desprendimiento de materiales o deslizamientos.(figura 7).

Figura 7. Pendientes abruptas y desprendimiento de materiales



Mina Colinoli pendiente de 35°.



Mina Magdalena paredes verticales 90°



Mina Colinoli, caída de materiales.

Las alturas que se presentan en la zona varían de los de 3 m hasta los 63 m en la parte baja de los banco de materiales, se hizo un perfil con los diferentes vértices que presenta la colindancia entre las minas y la zona habitacional, el cual se muestra en la tabla16.

Tabla 16. Altura y colindancia entre las minas y las zonas habitacionales

Vértices	Distancia en metros	Altura en metros	No. de casas	Foto
Mina Collinollis y Fraccionamiento Villas del Campo				
A-B	338	3 a 4	33	
B-C	197	3	18	
C-D	258	25 a 32	17	
D-E	150	20 a 25	19	
E-F	70	8 a 12	8	
F-G	80	4.70 a 6	6	
G-H	41	4.50 a 6.10	7	
H-I	67	4.20 a 5.50	3	
Mina Guadarrama y zona urbana de Calimaya				
A-B	164	8 a 63	11	
Mina Magdalena y zona urbana de Calimaya				
A-B	209	Más de 50	10	
Número de casas			132	

En lo referente a la topografía del lugar, ésta se considera irregular, ya que en los bancos de material se puede observar diferentes montículos y desniveles en el suelo derivado de la actividad minera, además de la inexistencia de la nivelación del terreno al concluir la actividad de extracción del material. (Figura 8).

La zona habitacional del fraccionamiento Villas del Campo se encuentra sobre terrazas con pendientes de más de 15°, asimismo, se pudo observar la presencia

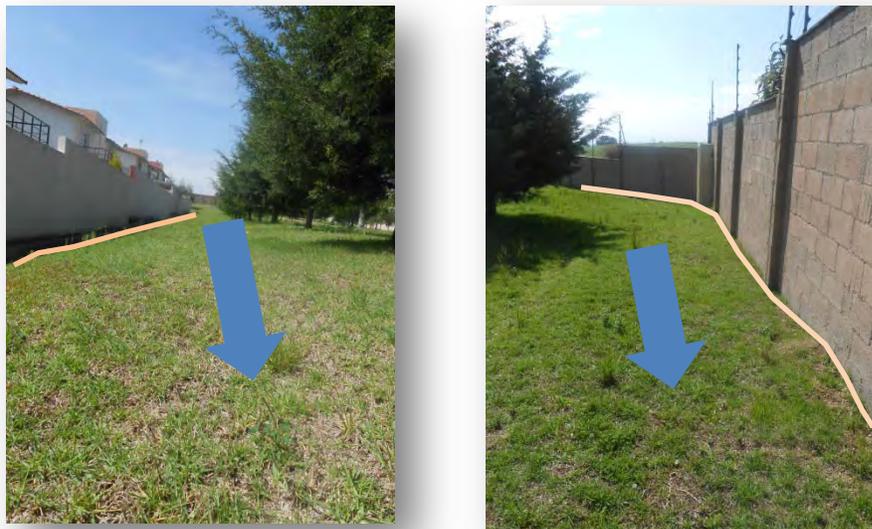
de escarpes negativos, de acuerdo a la metodología empleada por Yépez *et. al.* (20012) (Ver figura 9).

Figura 8. Topografía del terreno en minas



Mina Colinolis: Montículos y desniveles de la topografía y Mina Magdalena: terrazas en zonas de cultivos.

Figura 9. Topografía del fraccionamiento Villas del Campo



Desnivel y escapes negativos en el fraccionamiento Villas del Campo

En cuanto a la vegetación, la zona no presenta grandes áreas, a excepción de los cultivos que se han desarrollado en áreas contiguas a la zona minera o dentro de éstas, como parte de la rehabilitación de las minas destacándose sólo la siembra del maíz. (Ver figura 10).

Figura 10. Cultivos en la zona de estudio



Cultivo de maíz en zonas rehabilitadas de las minas Colinoli y Magdalena.

En la zona rehabilitada (cultivo de maíz) perteneciente a la mina Colinoli colindante con el fraccionamiento Villas del Campo, existe fisuras y hundimientos en el suelo que son independientes de la época de lluvias, ya que se encuentran todo el año, mismas que son cubiertas por los agricultores nuevamente por suelo fértil para su cultivo⁹, como se puede observar en la figura 12. En esta área se extrajo sólo el material pétreo de tepojal por 10 años y posteriormente se cubrió con suelo fértil para la rehabilitación.

Por otro lado, en la mina Magdalena en la zona agrícola cercana a ésta (de 1 a 2 metros) se presentan fisuras en los surcos, derivado por la pendiente y por la época de lluvia, agua que escurre hacia el socavón de la mina, (figura 11).

Figura 11. Hundimientos y fisuras en cultivos



Cultivo de maíz en zonas rehabilitadas de las minas Collinolis y Magdalena.

⁹ Información obtenida a partir de una plática con el propietario del terreno.

De acuerdo al código de construcción de nuevos fraccionamientos se le solicita a la empresa constructora (GEO), destinar un porcentaje de terreno a áreas recreativas y verdes; las especies sembradas deberán ser de acuerdo al tipo de suelo y vocación del mismo.

El fraccionamiento Villas del Campo, cuenta con áreas verdes en las que se sembraron árboles como el pino, el cedro y yucas, encontrándose en camellones y en la parte posterior de las casas.

Parte considerable de árboles (pinos y cedros) que se encuentran ubicados entre las casas y las minas, presentan grado de inclinación favorable hacia la ladera de la mina, que de acuerdo con el CENAPRED es uno de los indicios de que se presente algún tipo de movimiento. (Ver figura 12).

Por otro lado, en las zonas habitacionales aledañas a las minas Guadarrama y Magdalena existen matorrales, árboles –eucalipto- y frutales, que se encuentran en una capa somera de suelo, con inclinación hacia la ladera de los socavones, la mayoría de esta vegetación presenta fácil desprendimiento y se observan algunas fisuras en las paredes, figura 13.

Figura 12. Vegetación con grados de inclinación



Árboles (pinos y cedros) que se inclinan a favor de la pendiente.



La vegetación inducida en zonas urbanas aledañas a las minas Guadarrama y Magdalena.

A partir del análisis de las condiciones físicas como la geología, suelo, pendientes y vegetación, aunado a la topografía, se determinan las condiciones de vulnerabilidad física, tanto en el fraccionamiento Villas del Campo como en la zona urbana de la cabecera municipal de Calimaya.

5.2 Estimación del grado de vulnerabilidad físico-estructural en zonas habitacionales.

Para determinar el grado de vulnerabilidad física de las zonas habitacionales, se deberá tener el 90% o más de las variables utilizadas para el análisis de acuerdo a lo establecido por Yépez *et. al.* (2012).

Al respecto, las zonas habitacionales del fraccionamiento Villas del Campo y las zonas urbanas, colindantes con las minas, se registró que cumplen con la evaluación de completitud obteniendo el 91.6%, (ver tablas 17 y 18).

Por lo que se generó a continuación el análisis de vulnerabilidad de las zonas habitacionales.

Tabla 17. Evaluación de completitud del fraccionamiento Villas del Campo.

No.	Variable de vulnerabilidad	Fraccionamiento Villas del Campo	Observación
1	Sistema estructural	Hormigón armado	
2	Tipo de materiales en paredes	Pared de bloque (hueco)	
3	Tipo de cubierta	Losa de hormigón armado	
4	Sistema de entrepisos	Losa de hormigón armado	
5	Número de pisos	2 pisos	
6	Año de construcción	Inician en 1999	
7	Estado de conservación	Regular	
8	Características del suelo bajo la edificación	Húmedo, blando, relleno	
9	Topografía del sitio	Terreno accidentado, laderas	

Continúa

No.	Variable de vulnerabilidad	Fraccionamiento Villas del Campo	Observación
10	Forma de construcción	Irregular en altura	
11	Superficie de construcción	80 m ² , 95m ² y 117m ²	
12	Identificación	Sin dato	
Evaluación de completitud			
Datos totales posibles		12 variables de vulnerabilidad	
Datos totales obtenidos del predio		11	
Completitud		91.6	
Ingresa al estudio (completitud mayor al 90%)		Si	

Tabla 18. Evaluación de completitud de las zonas habitacionales en colindancia con las minas Guadarrama y Magdalena.

No.	Variable de vulnerabilidad	Zona urbana aledaña a las minas Guadarrama y Magdalena	Observación
1	Sistema estructural	Hormigón armado	
2	Tipo de materiales en paredes	Pared de bloque	
3	Tipo de cubierta	Losa y lamina	
4	Sistema de entrepisos	Losa de hormigón armado	
5	Número de pisos	1, 2 y 3 pisos	
6	Año de construcción	Entre 1986 y 2000 Entre 2001 y 2015, las casas difieren del año de construcción.	

Continuación

No.	Variable de vulnerabilidad	Zona urbana aledaña a las minas Guadarrama y Magdalena	Observación
7	Estado de conservación	Regular y malo	
8	Características del suelo bajo la edificación	Húmedo, blando, relleno	
9	Topografía del sitio	Terreno accidentado, laderas	
10	Forma de construcción	Irregular en altura	
11	Superficie de construcción	Variable	
12	Identificación	Sin dato	
Evaluación de completitud			
Datos totales posibles		12 variables de vulnerabilidad	
Datos totales obtenidos del predio		11	
Completitud		91.6	
Ingresa al estudio (completitud mayor al 90%)		Si	

Una vez obtenida satisfactoriamente la evaluación de completitud de las zonas habitacionales, se realiza el proceso de análisis de la vulnerabilidad física-estructural, lo cual se sustenta en lo establecido en la tabla 2, obteniendo la puntuación de cada uno de los indicadores, como se muestran en la tabla 19; presentándose los resultados a nivel de manzanas.

Es importante hacer mención que para las tres zonas habitacionales se realizó el análisis para las 132 casas que presentaban una colindancia directa con los bancos de materiales (ver anexo 3), y por manzanas –en el caso del fraccionamiento por privadas-. (Ver tabla 19 y 20)

Tabla 19. Puntuación de los indicadores para el fraccionamiento Villas del Campo

No.	Variable de vulnerabilidad	Fraccionamiento Villas del Campo	Puntuación
1	Sistema estructural	Hormigón armado	5
2	Tipo de materiales en paredes	Pared de bloque (hueco)	5
3	Tipo de cubierta	Losa de hormigón armado	NA
4	Sistema de entrepisos	Losa de hormigón armado	NA
5	Número de pisos	2 pisos	5
6	Año de construcción	Entre 1986 y 2000	1

Continúa

No.	Variable de vulnerabilidad	Fraccionamiento Villas del Campo	Puntuación
7	Estado de conservación	Regular	5
8	Características del suelo bajo la edificación	Húmedo, blando, relleno	5
9	Topografía del sitio	Terreno accidentado, laderas	10
10	Forma de construcción	Irregular en altura	NA
11	Superficie de construcción	80 m ² , 95m ² y 117m ²	
12	Identificación	Sin dato	
13	Exposición	Menos de 10 metros	10

NA: No aplica para el tipo de amenaza analizada, de acuerdo a Yépez *et. al.* (2012).

Tabla 20. Puntuación de los indicadores de la zona urbana colindante con las minas Guadarrama y Magdalena

No.	Variable de vulnerabilidad	Zona urbana colindante con las minas Guadarrama y Magdalena	Puntuación
1	Sistema estructural	Hormigón armado	5
2	Tipo de materiales en paredes	Pared de bloque	5
3	Tipo de cubierta	Losa y lamina	NA
4	Sistema de entrepisos	Losa de hormigón armado	NA
5	Número de pisos*	1 pisos	10
		2 pisos	5
		3 pisos	1
6	Año de construcción*	Entre 1986 y 2000	1
		Entre 2001 y 2015	0
7	Estado de conservación*	Regular	5
		Malo	10
8	Características del suelo bajo la edificación	Húmedo, blando, relleno	5
9	Topografía del sitio	Terreno accidentado, laderas	10
10	Forma de construcción	Regular	NA
11	Superficie de construcción	Variable	
12	Identificación	Sin dato	
13	Exposición	Menos de 10 metros	10

*A nivel de manzana se consideró la variable que predomina mayoritariamente.

NA: No aplica para el tipo de amenaza analizada, de acuerdo a Yépez *et. al.* 2012

Teniendo los anteriores resultados, se realiza la caracterización de la vulnerabilidad física-estructural por manzanas, considerando la puntuación obtenida por cada una de las variables y se multiplica por el factor de ponderación asignado, con base a lo establecido en tabla 3; dando como resultado el puntaje ante deslizamientos, los cuales se suman para saber en

qué nivel de vulnerabilidad se encuentran las manzanas del fraccionamiento y en particular las que presentan colindancia con los bancos de materiales pétreos, como se muestra en la tabla 21.

Tabla 21. Nivel de vulnerabilidad del fraccionamiento Villas del Campo colindantes con mina Colinoli.

Variable de vulnerabilidad	Fraccionamiento Villas del Campo	Puntuación	Factor de ponderación	Puntaje final
Sistema estructural	Hormigón armado	5	0.8	4
Tipo de materiales en paredes	Pared de bloque (hueco)	5	0.8	4
Número de pisos	2 pisos	5	0.8	4
Año de construcción	Entre 1986 y 2000	1	0.8	0.8
Estado de conservación	Regular	5	0.8	4
Características del suelo bajo la edificación	Húmedo, blando, relleno	5	2	10
Topografía del sitio	Terreno accidentado, laderas	10	2	20
Exposición	Menos de 10 metros	10	2	20
Nivel de vulnerabilidad física estructural de las manzanas (privada)				66.8

Del total de 43 manzanas (privadas) ubicadas al sur del fraccionamiento Villas del Campo y en colindancia con la mina Colinolis, ocho de éstas que representan el 18.6% que se encuentran en el nivel de vulnerabilidad alto, correspondiente con más de 66 puntos, dos (4.7%) en el nivel medio que se ubican en la parte centro del fraccionamiento y 33 (76.7%) en nivel bajo las cuales se ubican en la parte norte y noreste del fraccionamiento.

De las ocho privadas suman 350 casas de diferente tipo, prevaleciendo principalmente el Tahoe con 80m² y Baikal con 95m² de construcción respectivamente; si se toma en cuenta que ambos tipos de casas ofrecen dos recámaras, se estará considerando que por casa habiten de tres a cuatro personas, se tendría un aproximado de 1,408 personas que estarían siendo afectadas por el tipo de amenaza por deslizamiento.

De las 350 casas, 151 de éstas colindan con las minas Colinolis existiendo una distancia máxima de 10 metros entre estos. Más del 60% de las casas presentan humedad en las paredes y el 20% muestra alguna fisura o desprendimiento del material de construcción, aunado a la presencia de vegetación que tiene inclinación a favor de la ladera hacia la mina.

Es importante mencionar, que el Atlas de Riesgo del municipio de Calimaya, señala en la parte sur del fraccionamiento la presencia de riesgos geológicos como “zona de deslaves”, lo cual se comprueba con el análisis realizado y las visitas al lugar.

Por otra parte, el nivel de vulnerabilidad en la zona urbana en colindancia con la mina Guadarrama es del 70.8 considerado en el rango del nivel alto de vulnerabilidad, como se detalla a continuación:

Tabla 22. Nivel de vulnerabilidad por zona habitacional colindantes con la minas Guadarrama

Variable de vulnerabilidad	Z-U cercanía mina Guadarrama	Puntuación	Factor de ponderación	Puntaje final
Sistema estructural	Hormigón armado	5	0.8	4
Tipo de materiales en paredes	Pared de bloque	5	0.8	4
Número de pisos	1pisos	10	0.8	8
Año de construcción	Entre 1986 y 2000	1	0.8	0.8
Estado de conservación	Regular	5	0.8	4
Características del suelo bajo la edificación	Húmedo, blando, relleno	5	2	10
Topografía del sitio	Terreno accidentado, laderas	10	2	20
Exposición	Menos de 10 metros	10	2	20
Nivel de vulnerabilidad física estructural de las manzanas				70.8

De 61 casas existentes en la zona urbana colindante con la mina Guadarrama, 14 de ellas son las que se ubican con una distancia menor a 2 metros, de éstas más del 65% de las casas son de un solo piso; si bien las casas están construidas entre 1986 y 2000, presentan condiciones de humedad en paredes y la mayoría de ellas

no cuenta con acabados exteriores (cubierta de cemento), es de destacar, que más del 20% de las casas cuentan con techos de láminas de asbesto y tabiques sobrepuestos.

Aunado a lo anterior, se pudo observar que las casas que se encuentran en colindancia con esta mina, en tres de ellas su drenaje desemboca a la mina, lo que ha provocado que las paredes de la mina se encuentren con humedad.

Es importante mencionar que la mina dejó de operar en el año 1999, y actualmente en su interior se encuentra una empresa de tabique y funciona como depósito de maquinaria pesada utilizada en la extracción del material pétreo, a partir de esa fecha las casas aledañas a ésta, depositan su basura convirtiendo este espacio en un basurero clandestino. (Ver figura 13).



Figura 13. Mina Guadarrama

Mina Guadarrama, en las fotos superiores se observa: basura, y tubos de drenajes.

En la Fotografía inferior el trabajo de la tabiquera y maquinaria pesada.

Por último, la zona urbana que presenta colindancia con la mina Magdalena, obtiene un nivel alto de vulnerabilidad con 70 puntos (ver tabla 23); correspondiente a 11 casas de 21 que se encuentran establecidas en esa zona.

Tabla 23. Nivel de vulnerabilidad por zona habitacional colindantes con mina Magdalena

Variable de vulnerabilidad	Z-U cercanía mina Magdalena	Puntuación	Factor de ponderación	Puntaje final
Sistema estructural	Hormigón armado	5	0.8	4
Tipo de materiales en paredes	Pared de bloque	5	0.8	4
Número de pisos	1pisos	10	0.8	8
Año de construcción	Entre 2001 y 2015 Entre 1986 y 2000	0	0.8	0
Estado de conservación	Regular	5	0.8	4
Características del suelo bajo la edificación	Húmedo, blando, relleno	5	2	10
Topografía del sitio	Terreno accidentado, laderas	10	2	20
Exposición	Menos de 10 metros	10	2	20
Nivel de vulnerabilidad física estructural de las manzanas				70.0

Es de destacar que las 11 casas se encuentran a menos de 2 metros del socavón de la mina, y aunque fueron construidas entre los años 2001 y 2015, se observa deterioro en paredes, por presencia de humedad en las casas y/o bardas de éstas, asimismo, se repite el mismo patrón que en la zona anterior, es decir, 6 de 11 tienen techos de lámina, no cuentan con cubrimiento en las paredes y su drenaje desemboca al socavón, además parte sur de la mina se ha convertido en depósito de desechos de materiales de construcción y tiradero de basura. (Figura 15)

En esta zona urbana, se encuentra un jardín de niños "John Dewey", el cual está a una distancia de 34 metros del socavón, si bien está fuera del área de exposición, ya que se considera que debe existir una distancia mínima de 20 metros de amortiguamiento entre la mina y éste, no deja de representar un riesgo para los 70 niños que se encuentran en esta zona, ya que esta construcción muestra también paredes con humedad y fisuras. (Ver figura 14).

Figura 14. Mina Magdalena



Mina Magdalena, se presencia de escombros y basura. La pared del Jardín de Niños con fisuras y humedad.

Finalmente, de las variables que se tomaron en cuenta para realizar y cuantificar el grado de vulnerabilidad en las tres zonas habitacionales, las que inciden con más del 60% para este análisis son: características del suelo bajo la edificación, topografía del sitio y la exposición, que se consideran variables con mayor susceptibilidad a la presencia de deslizamientos.

En este contexto de acuerdo a la información obtenida, las zonas habitacionales presentan una alta vulnerabilidad física con un promedio de 69.2 puntos entre las tres zonas (ver tabla 24), las cuales están expuestas a movimientos de laderas por la cercanía a los bancos de materiales pétreos. Aunado a lo anterior, los asentamiento de las zonas habitacionales construidas en terrenos con topografía

de escarpes, con una geología de materiales blandos deleznales y con presencia de acumulación de humedad.

Tabla 24. Resultados de la vulnerabilidad física estructural de las zonas habitacionales con colindancia a los bancos de materiales pétreos.

Zonas habitacionales	Privadas / casas	Nivel de vulnerabilidad	Puntaje	Área de afectación (m ²)
Fraccionamiento Villas del Campo	8 privadas con 151 casas	Alto	66.8	18,427
Zona urbana cercanía mina Guadarrama	14 casas		70.8	5,358
Zona urbana cercanía mina Magdalena	11 casas		70	4,203
		Promedio	69.2	27,988

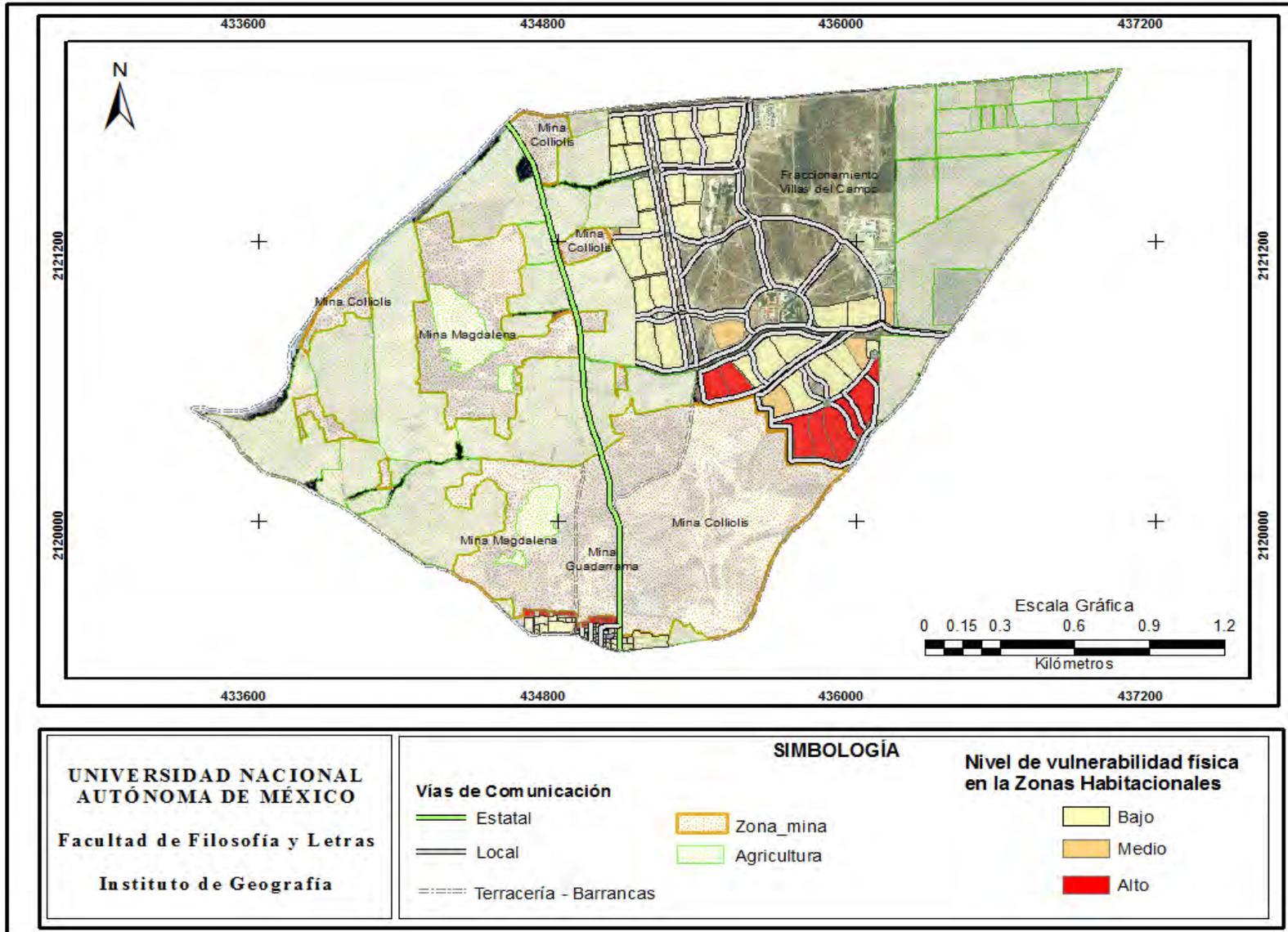
La distribución espacial de las zonas habitacionales se ubican en el mapa 8. Dentro del fraccionamiento Villas del Campo, se puede visualizar en las zonas norte, noreste y noroeste se encuentran las privadas que tienen una vulnerabilidad baja de 24 a 33, en la zona sur se localizan las viviendas con vulnerabilidad media a alta entre los rangos de 33 a 66.8., siendo en esta zona la que tiene la mayor cercanía con la mina Colinoli, la exposición, la topografía del terreno y las características del suelo dieron pauta a que esta zona sea altamente vulnerable.

Por otra parte, en las zonas urbanas colindantes con la mina Guadarrama y Magdalena que se encuentran al sur de éstas, se ubican las viviendas con el más alto índice de vulnerabilidad física, mayor a 70, coincidiendo también con los tres variables detonantes para la presencia de un deslizamiento al igual que en el fraccionamiento Villas del Campo.

Por otra parte, los bancos de materiales pétreos que tienen colindancia con zonas de cultivos, no cumplen con lo establecido en la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-002-SMA-DS-2009, "Respetar el límite con terrenos colindantes y derechos de vía de 20 m máximo y mínimo 10m, siempre y cuando demuestre

estabilidad y seguridad de talud límite, dado que la cercanía registrada en campo fue de 2 y 3 metros de separación entre éstas. (Ver figuras 15).

Mapa 8. Nivel de Vulnerabilidad Física Estructural en Zonas Habitacionales



Por lo tanto, existe evidencia de exposición de la zona agrícola, por el desprendimiento del material derivado esta actividad.

Figura 15. Zona agrícola y la cercanía a minas



Zonas agrícolas, cercanía a las minas y desprendimientos de materiales

5.3 Cumplimiento de la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-002-SMA-DS-2009.

A continuación se presenta una matriz donde se colocan las tres minas que se encuentran en el área de estudio y algunas variables especificadas en la Norma Técnica Ambiental NTEA-002-SMA-DS-2009, las cuales se pudieron verificar, siendo este un análisis cualitativo derivado de lo observado en campo.

Las variables se dividen en: aspectos generales (9); aspectos hidrológicos y geológicos (4); consideraciones legales para la operación (5); infraestructura (6); residuos sólidos o líquidos (2); rehabilitación ecológica (4); finalización de la actividad minera (3).

Tabla 25. Matriz de cumplimiento con la norma técnica ambiental NTEA-002-SMA-DS-2009

Variables/ Minas	Colinoli	Guadarrama	Magdalena	Observación
Aspectos Generales				
Apertura de minas en áreas naturales	No	No	No	En el municipio hay dos áreas naturales protegidas, las cuales están fuera del área de estudio, sin embargo, la actividad minera ya presenta colindancia y afectación en las áreas naturales protegidas.
Superficie de la mina mayor a 3 hectáreas	Si	Si	Si	Mayor a tres hectáreas a cielo abierto 
En área no urbanizable	No	No	No	De acuerdo al Plan de Desarrollo Urbano, están en áreas propuestas para la urbanización catalogándolo como H200A
Respeto el límite con terrenos colindantes y derechos de vía mínimo 10m, máximo 20 m.	No	No	No	 Existe como máximo 2 metros de separación.
Zonas compatibles con el uso de suelo PDUM	No	No	No	De acuerdo al PDUM, el área es apta para la agricultura, la cual se está desplazando por la expansión de la actividad minera y habitacional.
Taludes con alturas a 15 m, contar con berma en proporción	No	No	No	Paredes totalmente verticales 3 a 6 m, sin bermas o escalonamiento 

Continuación

Variables/ Minas	Colinoli	Guadarrama	Magdalena	Observación
Aspectos Hidrológico y Geológicos				
Fuera de la zona de inundación u obstrucción de flujos de escurrimiento	Si	Si	Si	No se pudo comprobar, sin embargo, en época de lluvias se inunda la parte baja de la mina. 
Estudio de mecánica de suelos y de estabilidad de taludes	SD	SD	SD	No existe accesibilidad a la información
Desviar el curso original en cauces y lechos de los cuerpos de agua	No	No	No	Se encontró un río el cual pasa a unos metros de la zona minera, sin embargo no existe ninguna afectación. 
Distancia mínima de 60 m de una falla activa	No	No	No	Se encuentran dos fallas en el área, sin embargo no son activas.
Infraestructura				
Garantizar la estabilidad de taludes	No	No	No	Se presentan taludes verticales o con 35-40° de pendiente, en el cual no hay indicio de estabilidad del mismo, como mallas o cimentación. 

Continuación

Variables/ Minas	Colinoli	Guadarrama	Magdalena	Observación
Cribadora deberá estar firmemente asentada	Si	Si	Si	 <p>Las cribadoras no se retiran de ninguna de las minas aunque haya finalizado la actividad.</p>
Residuos sólidos o líquidos				
Se impedirá sean empleadas como área de disposición final	No	No	No	
Rehabilitación ecológica				
Nivelación del piso, con 5° pendiente, sin montículos, rampas ondulaciones o pozos	No	No	No	<p>Presencia de montículos</p> 
Restituir con una cubierta vegetal las zonas explotadas, con especies propias de la zona	No	No	Si	 <p>Zonas rehabilitadas con agricultura de maíz</p>
Se deberá cubrir con la capa de suelo fértil	No	No	Si	

Continuación

Variables/ Minas	Colinoli	Guadarrama	Magdalena	Observación
Finalización de la actividad minera				
Retiro de instalaciones	No	No	No	Maquinaria pesada abandonada 
Demolición de tolva, cribadora y cualquier dispositivos	No	No	No	No hay retiro de maquinaria 

Cada una de las áreas ocupadas por bancos de materiales pétreos, incurren en alguna irregularidad de las siete categorías incorporadas a las Norma Técnica Ambiental.

De las 33 especificaciones, sólo se pudieron comprobar en campo 18, es decir el 54%, de las cuales las minas no cumplen con 13 de ellas, como ya se mencionó anteriormente; lo cual implica la afectación en:

- Cambio de uso de suelo del agrícola a minero o habitacional.
- Presencia de deterioro del suelo, ya que en la mayoría de las minas no existe la rehabilitación de acuerdo a la vocación del suelo original.
- Y por ende afectación a los zonas habitacionales que se encuentran en colindancia con las minas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La aproximación al análisis de la vulnerabilidad física-estructural ante la existencia de la amenaza por procesos de remoción en masa para las zonas habitacionales (fraccionamiento Villas del Campo, zonas habitacionales y áreas agrícolas) en colindancia con la actividad minera, permitió confirmar y precisar las áreas que son susceptibles a procesos de remoción en masa particularmente frente a los deslizamientos, aunque también hay otros procesos como las caídas de materiales o derrumbes.

Los elementos que favorecen los desprendimientos de materiales en zonas habitacionales son:

- La presencia de rocas de origen ígneo extrusivas, pómez Toluca Superior y flujos piroclásticos.
- La presencia de discontinuidad de la ladera, echados favorables al deslizamiento por la pendiente.
- Una topografía con terrenos escarpados con pendientes mayores a 15°.

Los elementos relacionados con las zonas habitacionales que indican alta vulnerabilidad en las construcciones.

- Ubicación de las zonas habitacionales –que se encontraron por debajo de la calzada-.
- La distancia que existe entre la zona habitacional y los bancos de materiales pétreos.
- Características del suelo bajo la edificación considerada húmeda, blanda y relleno.
- Sistema estructural utilizado para la construcción siendo hormigón armado.

La inclusión de la variable exposición, vista a partir de la distancia, fue fundamental, ya que, entre más cerca se encuentra las zonas habitacionales a los bancos de materiales mayor vulnerabilidad presentan.

La presencia de árboles, arbustos y postes de la red de protección eléctrica con inclinación favorable a la pendiente, confirman la existencia de movimiento en la ladera de los bancos de materiales.

La explotación de los materiales pétreos, se ha considerado redituable para la población del municipio de Calimaya desde el punto de vista económico; sin embargo, esta actividad ha afectado al ambiente, dejando grandes socavones en áreas que ya no son explotadas. Estos socavones han sido utilizados como tiraderos clandestinos de los residuos sólidos, de desechos de construcción y de aguas residuales provenientes de los drenajes de las casas aledañas, generando un riesgo de salud para la población por contaminación del suelo, del aire y probablemente también del agua subterránea.

Si bien, existen zonas que han sido rehabilitadas al finalizar la explotación de la mina que permiten -cultivar maíz- no es suficiente, ya que sólo dos áreas dentro de las minas han sido rehabilitadas.

Se registró un total 176 casa de 432 que colindan con los bancos de materiales que tienen un alto grado de vulnerabilidad frente a la amenaza de deslizamiento, es prioritario atender estas zonas por parte de las autoridades correspondientes, que deberán realizar obras de carácter estructural en los bancos de materiales para minimizar el riesgo al que están expuesto las personas de perder sus bienes y existir la afectación a su persona.

Las minas Colinoli, Guadarrama y Magdalena no cumplen cabalmente con la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-002-SMA-DS-2009, dado que existe afectación en aspectos hidrológicos y geológicos, en las condiciones generales de operación y en las condiciones mínimas para la exploración y/o explotación de la misma.

La metodología empleada es adecuada para establecer los valores de vulnerabilidad física de las zonas habitacionales expuestas, sin embargo, se propone incluir, más indicadores y variables tanto físicas, sociales y en especial la exposición, con datos cuantitativos, que permitan cuantificar el área y número de personas que están en riesgo de verse afectados por los procesos de remoción en masa.

Este trabajo se puede considerar como un insumo para futuras investigaciones relacionadas con la gestión del riesgo, dado que no existen trabajos a nivel

municipal, estatal y nacional que involucren la temática de minas de materiales pétreos con la vulnerabilidad física de zonas habitacionales; asimismo, para las autoridades que estén interesados en los procesos de planificación y ordenamiento territorial.

Además de la problemática analizada en la zona de estudio, es importante señalar, que existen otras, las cuales se sugieren se aborden desde la perspectiva de la vulnerabilidad física u otras metodologías relacionadas con la gestión del riesgo, entre los que se mencionan:

Zona habitacionales expuesta a inundación, principalmente en el fraccionamiento Villas del campo, por el cual cruza un cauce de río (intermitente), que ha sido canalizado (sólo al interior del fraccionamiento), por la empresa constructora, sin embargo, en época de lluvias (mayo-septiembre), existe desbordamiento de este río, causando severos problemas de inundación en las vialidades y afectación en las viviendas y por ende a los habitantes del lugar.

Contaminación al ambiente, derivado del abandono y/o no rehabilitación de los bancos de materiales pétreos al finalizar la explotación, ha causado que existan depósitos de desechos sólidos domésticos, residuos de los materiales de construcción, desechos de plásticos, entre otros, que puede ocasionar severos problemas al ambiente y afectar al manto freático.

Finalmente, la creación de nuevos fraccionamientos que se han autorizado en diferentes localidades del municipio, los cuales se están construyendo sobre antiguos bancos de materiales pétreos que fueron compactados con diferentes tipos de materiales y que actualmente las viviendas están presentando problemas de hundimiento y agrietamiento, entre otros problemas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aceves, J. (1997), *Geología y geomorfología del volcán Nevado de Toluca*. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
2. Alcántara A. I. (2000), Índice de susceptibilidad a movimientos del terreno y su aplicación en una región semiárida, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, vol.17, núm. 1. México.
3. Alcántara A. I. (2002), Geomorphology Natural Hazards, Vulnerability and Prevention of Natural Disasters in developing countries, *Geomorphology*, vol. 47, issues 2-4, pp. 107-124.
4. Alexander, D. (2004), Vulnerability to Landslides in Glade, T., Anderson, M and Crozier, M. J. (eds), *Landslide Hazard and Risk*, John Wiley and Sons, pp. 175-198.
5. Argüello, M. A., Cantos, A. E. y Viteri M. J. (2012), Riesgos antrópicos generados por la actividad minera. En: Letras Verdes. Riesgos de desastres: contextos urbanos en América Latina. Quito: FLACSO sede Ecuador. Programa de Estudios Socioambientales, (no. 11, marzo 2012): pp. 53-63. En <http://www.flacsoandes.edu.ec/dspace/handle/10469/3815>.
6. Aysan, Y. F. (1993), Vulnerability assessment in. Merriman, P.A., and Browitt C.W.A. (eds.), *Natural Disasters: Protecting Vulnerable Communities*, Thomas Telford, London, pp. 1-14.
7. Base referencia mundial del recurso suelo (2007), Un marco conceptual para la clasificación, correlación y comunicación internacional. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.
8. Bloomfield, K., y S. Valastro (1974), *Late Pleistocene eruptive history of Nevado de Toluca Volcano, Central México*. In: Geol.. Soc. Of America Bull.
9. Cantagrel, J., C. Robin, y P. Vicent. (1981), *Les grandes étapes d'évolution d'un volcan andésitique composite: Exemple du Nevado de Toluca (Méxique)* In: Bull Vulcanologie
10. Cardona A. Darío O. (2001), La necesidad de representar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo "Una crítica y una revisión necesaria para la Gestión". Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos CEDERI. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.
11. Centro de Nacional de Prevención de Desastres (2001), Fascículo de Inestabilidad de Laderas. Coordinación Nacional de Protección Civil. Secretaría de Gobernación. México.
12. Centro de Nacional de Prevención de Desastres (2014), Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligro y Riesgo. Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social. Coordinación Nacional de Protección Civil. Secretaría de Gobernación. México. (Versión electrónica).

13. Comisión Nacional de Vivienda –CONAVI- (2010), Código de Edificación de Vivienda 2010. Gobierno Federal. Segunda edición. Consultado febrero 2015 en: <http://www.cmic.org/comisiones/sectoriales/vivienda/biblioteca/archivos/CEV%20PDF.pdf>
14. Espinosa, L. (2001), *Geomorfología del noreste del Nevado de Toluca*. Tesis para obtener el grado de maestro en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras, división de estudios de postgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México.
15. Esquivel M. I. y Gómez, V. M. (2005), La importancia del ordenamiento ecológico en el municipio de Calimaya, en el marco del desarrollo sustentable. Tesis de Licenciatura de la Facultad de Planeación, UAEM. Toluca México.
16. Flores, O. P. (2012), Evaluación de Riesgo por deslizamiento de Tierras en el Municipio de Temoaya, Estado de México. Tesis de Doctorado. Instituto de Geofísica, UNAM.
17. Gobierno del Estado de México (2011), Plan de Desarrollo Urbano de Calimaya. Secretaría de Desarrollo Urbano. Estado de México. Consultado en febrero 2015 en: http://seduv.edomexico.gob.mx/planes_municipales/calimaya/pmdu-cal.pdf.
18. Gobierno del Estado de México (2011), Plan Municipal de desarrollo Urbano de Calimaya, Estado de México. Consultado en enero 2013 en: <http://www.edomex.gob.mx/legistelfon/doc/pdf/gct/2011/jun143.PDF>
19. Gobierno del Estado de México (2013-2015), Plan de Desarrollo Municipal, H. Ayuntamiento de Calimaya, Estado de México. Consultado en noviembre 2014, en: <file:///C:/Users/JCamposA/Downloads/PLAN%20DE%20DESARROLLO%20MUNICIPAL%20DE%20CALIMAYA%202013-2015.pdf>
20. Gobierno del Estado de México, (2010), Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-002-SMA-DS-2009, que regula la Exploración, Explotación y Transporte de Minerales no concesionables en el Estado de México. Fecha de publicación noviembre de 2010.
21. Gómez, V. T y Hernández A. A. (2010), Recuperación d áreas degradadas por la actividad minera: El caos de Calimaya, Estado de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Geografía. Universidad Autónoma del Estado de México.
22. Hahn, Herwig; Villagrán D. Juan C. y Hidajat Ria (2003), *Component III: Indicators and other disaster risk management instruments for communities and local governments. Preliminary Draft. Washington, D.C.*
23. Instituto de Fomento Minero y Estudios Geológicos del Estado de México (2013), Anuario Estadístico de la minería en el estado de México. Gobierno del Estado de México.
24. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2000), Cartas Topográfica, Geológica, Uso de Suelo y Edafológica, escala 1:5000 Topográfica E14-A47 y E14-A48.
25. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2010), XII Censo de Población y Vivienda. México.
26. Jiménez, G. C. Rincón E. Huante P. P. (2006), El diseño de minas superficiales en la prevención de impactos ambientales en México. Presentado en V Congreso

- Internacional y XI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales, Morelos. Consultado en 22 de enero 2013 en http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/congresos/MORELOS/Extenso/GD/EC/GDC-04.pdf.
27. Lara C. M. (2007), Metodología para la evaluación y zonificación de peligro de remociones en masa con aplicación en quebrada San Ramón, Santiago Orienta, Región Metropolitana. Tesis de Magister en Ciencias, mención Geología. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Consultado el 5 de febrero 2013 en http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/lara_mc/sources/lara_mc.pdf
28. Diez L. C. (2009), Guía técnica para la incorporación del análisis de riesgo en los ordenamientos ecológicos municipales y regionales. Informe final. Consultado el 11 de mayo 2015 en: http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/ordenamiento/guia_tecnica_analisis_riesgo_oemr_informefinal.v2pdf.pdf
29. Loayza, T. G. (2005), Desarrollo de una metodología para la ordenación minero-ambiental en el sector de zaruma-portovelo. Consultado el 24 de enero 2013 en <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/8149>.
30. Martínez R. A. (2009), Estudio general de riesgos integrales del proyecto de exploración y explotación minera La Colosa, Colombia. Consultado el 24 de enero de 2013 en <http://xa.yimg.com/kq/groups/21310050/1133338777/name/pdf.Ensayo%20Riesgo-1.pdf>.
31. Moosser, F. A. Nairn , y J. Negendank (1974), *Paleomagnetic investigations of the tertiary and Quaternary rocks VIII A paleomagnetic and petrologic study of volcanics of the valley of México. Sondertruc aus der Geologishen runds chau Band. Stuttgart.*
32. Secretaría de Desarrollo Urbano –SDU- (2008), Guía para la integración de los diferentes expedientes requeridos para la autorización de conjuntos Urbanos en el Estado de México”. Dirección General de Operación Urbana. Toluca. Estado de México. Consultado 20 de febrero de 2015 en: <http://canadevivallemexico.org.mx/pdf%27s/edoMex/Dependencias/DUrbano/02.pdf>.
33. Yépez F. y D´Ayala D. (2012), -Vulnerabilidad física estructural-. Propuesta metodológica análisis de vulnerabilidades a nivel municipal. Secretaría Nacional de Gestión de Riesgo (SNGR). Quito, Ecuador.

Anexo 1

FICHA DE TRABAJO DE CAMPO EN ZONAS MINERAS

VULNERABILIDAD FÍSICA EN ZONAS HABITACIONALES A PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA, ASOCIADOS A LA ACTIVIDAD MINERA DE MATERIALES PÉTREOS, EN EL MUNICIPIO DE CALIMAYA, ESTADO DE MÉXICO

MINAS DE CIELO ABIERTO (MATERIALES PÉTREOS)

Nombre de la Mina: _____ Fecha levantamiento _____
 Municipio : _____ Localidad : _____
 Calles colindantes: _____
 Coordenadas: Lat: _____ Long: _____ Altitud _____
 UTM (X): _____ UTM (Y): _____

CONSIDERACIONES GENERALES

2.- ¿Superficie de la Mina?			
1.- Tipo de material de extracción?:			
			Observaciones
2.- ¿En áreas no urbanizables?	SI ()	NO ()	
3.- ¿Respetar el límite con terrenos colindantes y derechos de vía de 20 m máximo y mínimo 10m*?			
Caminos principales y secundarios ()		Líneas de transmisión y energía eléctrica ()	
Límite de los terrenos vecinos ()		Obras municipales ()	
<small>*mínimo 10 m siempre y cuando demuestre estabilidad y seguridad de talud límite</small>			
4.- ¿Cielo abierto en terrenos de 3 hectáreas o mayores?	SI ()	¿Cuántos?	
5.- Taludes finales de alturas superiores a 15m, contar con un berma en proporción 3:1 (tres unidades verticales por uno horizontal)			
7.- Zona compatible con el uso de suelo que determine el PDUM	SI ()	NO ()	
Observaciones:			

ASPECTOS HIDROLÓGICOS Y GEOLÓGICOS

			Observaciones
2.- ¿Distancia mínima de 60 m de una falla activa?	SI ()	NO ()	
3.- ¿Cuenta con estudios de mecánica de suelos y estabilidad de taludes?	SI ()	NO ()	
4.- Desvío el curso original en cauces y lechos de cuerpos de agua	SI ()	NO ()	

Tipos de suelos o rocas

			Observaciones
Roca ígnea intrusiva ()	Suelos granulares ()		
Roca ígnea extrusiva ()	Suelos mediamente compactos ()		
Rocas Metamórficas ()	Suelos sueltos ()		
Rocas sedimentarias ()	Banco de materiales ()		

Altura e inclinación de la ladera

Especificar la altura (m):		Especificar la inclinación:	
----------------------------	--	-----------------------------	--

Discontinuidad en la ladera o talud

Si ()	No ()	De qué tipo :	Diaclasas		Fracturas y/o Fallas	
--------	--------	---------------	-----------	--	----------------------	--

Echados favorables al deslizamiento

Si ()	No ()	No se sabe ()	
--------	--------	----------------	--

FICHA DE TRABAJO DE CAMPO EN ZONAS MINERAS

VULNERABILIDAD FÍSICA EN ZONAS HABITACIONALES A PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA, ASOCIADOS A LA ACTIVIDAD MINERA DE MATERIALES PÉTREOS, EN EL MUNICIPIO DE CALIMAYA, ESTADO DE MÉXICO

CONDICIONES PARA LA EXPLORACIÓN Y/O EXPLOTACIÓN			Observaciones
1.- Se almacena el suelo fértil para posteriormente utilizarlo en la rehabilitación?	SI ()	NO ()	
2.- Se cuenta con barrera física en los frentes y partes laterales	SI ()	NO ()	
3.- Se evita el depósito de residuos sólidos urbanos	SI ()	NO ()	
4.- Reducir el riesgo de accidentes	SI ()	NO ()	

REHABILITACIÓN ECOLÓGICA (VOCACIÓN NATURAL DEL TERRENO)			Observaciones
1.- ¿Existe nivelación del piso, sin montículos, rampas, ondulaciones o pozos?	SI ()	NO ()	
2.- Se hace un cubrimiento con capa de suelo fértil?	SI ()	NO ()	
3.- ¿Se realiza una cubierta vegetal de las zonas explotadas?	SI ()	NO ()	

FINALIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD MINERA			Observaciones
1.- ¿Se hace retiro de las instalaciones (maquinaria)?	SI ()	NO ()	
2.- Se realiza la demolición de tolva, cribadora o cualquier dispositivo?	SI ()	NO ()	
3.- Se realiza el retiro de residuos sólidos y productos de limpieza?	SI ()	NO ()	

Anexo 2

FICHA DE TRABAJO DE CAMPO ZONA HABITACIONAL

VULNERABILIDAD FÍSICA EN ZONAS HABITACIONALES A PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA, ASOCIADOS A LA ACTIVIDAD MINERA DE MATERIALES PÉTREOS, EN EL MUNICIPIO DE CALIMAYA, ESTADO DE MÉXICO

FICHA PARA TRABAJO EN ZONAS HABITACIONALES LIMÍTROFES A LAS MINAS

Nombre del Fraccionamiento		Fecha levantamiento	
Municipio :		Localidad :	
Nombre de la Calle:			
Calles colindantes:			

Características Generales de la vivienda

Año de construcción			
Antes de 1970 ()	Entre 1970 y 1980 ()	Entre 1981 y 1990 ()	Entre 1991 y 2010 ()
Tipo de vivienda			Observaciones
Tahoe () ¹⁰	Baikal () ¹¹	Malawi () ¹²	
Ubicación de la vivienda			
Vialidad principal ()	Vialidades secundarias ()	Privadas ()	
Material de construcción de la vivienda			
Sistema estructural			
Hormigón armado ()	Estructura de pared portable ()	Mixta metálica/ hormigón ()	
Tipo de materiales en paredes			
Muros de ladrillo ()	Pared de bloque ()		
Número de pisos			
1 piso ()	2 pisos ()	3 pisos ()	
Estado de conservación			
Bueno ()	Aceptable ()	Regular ()	Malo ()
Características del suelo bajo la edificación			
Firme, seco ()	Inundable ()	Ciénega ()	Húmedo, blando, relleno ()
Topografía			
A nivel de terreno plano ()	Bajo nivel calzada ()	Sobre nivel calzada ()	Escarpe positivo o negativo ()

Afectación de la vivienda

Distancia de la vivienda a la barda perimetral que colinda con la zona minera				Observaciones
Menos de 50 cm	50 cm ()	1 m ()	1 ½ m ()	2m o más ()
Existencia de grietas, rompimientos, abultamiento o deformaciones en:				
Banquetas ()	Muros de casas ()	Calles y asfalto ()		
Distancia afectada:				
Existencia de inclinación en:				
Árboles ()	Postes ()	Cercas ()	Muros ()	

¹⁰ Construcción 80m² y Terreno de 148 m². Dos niveles, Estancia, comedor, cocina, 2 recámaras con áreas para clóset, 1 y 1/2 baños, vestibulo, patio de servicio, jardín privado, 2 lugares de estacionamiento.

¹¹ Construcción 95m² y Terreno de 148 m². Dos niveles, Estancia, comedor, cocina, 2 recámaras con áreas para clóset, 2 y 1/2 baños, área de guardado bajo la escalera, vestibulo, terraza, patio de servicio, jardín privado y 2 lugares de estacionamiento.

¹² Construcción 117m², Terreno desde 200 m². Dos niveles Estancia, comedor, cocina, recámara principal con área de vestidor y baño completo, 2 recámaras con áreas para clósets, 1 y 1/2 baños, área de guardado bajo la escalera, área para clósets de blancos, vestibulo, patio de servicio, jardín privado y 2 lugares de estacionamiento. Obtenido de la página <http://www.casasgeo.com/casas-en-venta.aspx?iddesa=11>

Anexo 3

Análisis de la vulnerabilidad física estructural por zonas habitacionales

COD	TIP_VIV	UBI_VIV	SIS_ESTR	T_MAT_PAREDES	NO_PISOS	A_CONSTRUCCION	EST_CONSER	SUELO	T_ACCIDENTADO	Exposición	P_final
P01	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	20	20	66.8
P02	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	20	20	66.8
P03	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	20	20	66.8
P04	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	20	20	66.8
P05	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	20	20	66.8
P06	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	20	20	66.8
P07	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	20	0	46.8
P08	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P09	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P10	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P11	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	20	47.8
P12	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P13	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	20	20	66.8
P14	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	20	20	66.8
P15	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P16	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P17	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P18	Comercial	Avenida principal	4	4	10	0.8	4	10	1	0	33.8
P19	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P20	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P21	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P22	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P23	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P24	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P25	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8

COD	TIP_VIV	UBI_VIV	SIS_ESTR	T_MAT_PAREDES	NO_PISOS	A_CONSTRUCCION	EST_CONSER	SUELO	T_ACCIDENTADO	Exposición	P_final
P26	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P27	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P28	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P29	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P30	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P31	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P32	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P33	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P34	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P35	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P36	Mixto 1 y 2	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P37	Mixto 2 y 3	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P38	Mixto 2 y 3	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P39	Mixto 2 y 3	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P40	Mixto 2 y 3	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P41	Mixto 2 y 3	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P42	Mixto 2 y 3	Privada	4	4	4	0.8	4	10	1	0	27.8
P43	Comercial	Avenida principal	4	4	10	0.8	4	10	1	0	33.8
ZUCL01	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUCL02	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUCL03	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUCL04	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG01	Particular	Vialidad secundaria	4	4	8	0.8	4	10	20	20	70.8
ZUG02	Particular	Vialidad secundaria	4	4	8	5	4	10	20	20	75
ZUG03	Particular	Vialidad secundaria	4	4	4	0.8	4	10	20	20	66.8

COD	TIP_VIV	UBI_VIV	SIS_ESTR	T_MAT_PAREDES	NO_PISOS	A_CONSTRUCCION	EST_CONSER	SUELO	T_ACCIDENTADO	Exposición	P_final
ZUG04	Particular	Terracería	4	4	8	5	4	10	20	20	75
ZUG05	Particular	Terracería	4	4	8	0.8	4	10	20	20	70.8
ZUG06	Particular	Terracería	4	4	8	0.8	4	10	20	20	70.8
ZUG07	Particular	Terracería	4	4	8	0.8	4	10	20	20	70.8
ZUG08	Particular	Terracería	4	4	8	0.8	4	10	20	20	70.8
ZUG09	Particular	Terracería	4	4	8	0.8	4	10	20	20	70.8
ZUG10	Particular	Terracería	4	4	8	0.8	4	10	20	20	70.8
ZUG11	Particular	Terracería	4	4	0.8	0.8	4	10	20	20	63.6
ZUG12	Particular	Terracería	4	4	4	0.8	4	10	20	20	66.8
ZUG13	Particular	Terracería	4	4	4	0.8	4	10	20	20	66.8
ZUG14	Particular	Terracería	4	4	8	0	4	10	20	20	70
ZUG15	Particular	Terracería	4	4	4	0.08	4	10	2	0	28.1
ZUG16	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG17	Particular	Terracería	4	4	4	0.08	4	10	2	0	28.1
ZUG18	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG19	Particular	Terracería	4	4	4	0.08	4	10	2	0	28.1
ZUG20	Particular	Terracería	4	4	4	0.08	4	10	2	0	28.1
ZUG21	Particular	Terracería	4	4	4	0.08	4	10	2	0	28.1
ZUG22	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG23	Particular	Terracería	4	4	4	0.08	4	10	2	0	28.1
ZUG24	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG25	Particular	Terracería	4	4	4	0.08	4	10	2	0	28.1
ZUG26	Particular	Terracería	4	4	4	0.08	4	10	2	0	28.1
ZUG27	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG28	Particular	Terracería	4	4	4	0.08	4	10	2	0	28.1
ZUG29	Particular	Terracería	4	4	4	0.08	4	10	2	0	28.1
ZUG30	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG31	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1

COD	TIP_VIV	UBI_VIV	SIS_ESTR	T_MAT_PAREDES	NO_PISOS	A_CONSTRUCCION	EST_CONSER	SUELO	T_ACCIDENTADO	Exposición	P_final
ZUG32	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG33	Particular	Terracería	4	4	4	0.08	4	10	2	0	28.1
ZUG34	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG35	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG36	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG37	Particular	Terracería	4	4	4	0.08	4	10	2	0	28.1
ZUG38	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG39	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG40	Particular	Terracería	4	4	4	0.08	4	10	2	0	28.1
ZUG41	Particular	Terracería	4	4	4	0.08	4	10	2	0	28.1
ZUG42	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG43	Particular	Terracería	4	4	4	0.08	4	10	2	0	28.1
ZUG44	Particular	Terracería	4	4	4	0.08	4	10	2	0	28.1
ZUG45	Particular	Terracería	4	4	4	0.08	4	10	2	0	28.1
ZUG46	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG47	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG48	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG49	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG50	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG51	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG52	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG53	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG54	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG55	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG56	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG57	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG58	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1

COD	TIP_VIV	UBI_VIV	SIS_ESTR	T_MAT_PAREDES	NO_PISOS	A_CONSTRUCCION	EST_CONSER	SUELO	T_ACCIDENTADO	Exposición	P_final
ZUG59	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG60	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUG61	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUM01	Particular	Terracería	4	4	8	0	4	10	20	20	70
ZUM02	Particular	Terracería	4	4	8	0.8	4	10	20	20	70.8
ZUM03	Particular	Terracería	4	4	8	0	4	10	20	20	70
ZUM04	Particular	Terracería	4	4	8	0	4	10	20	20	70
ZUM05	Particular	Terracería	4	4	4	0.8	4	10	20	20	66.8
ZUM06	Particular	Terracería	4	4	4	0	4	10	20	20	66
ZUM07	Particular	Terracería	4	4	8	0	4	10	20	20	70
ZUM08	Particular	Terracería	4	4	8	0	4	10	20	20	70
ZUM09	Particular	Terracería	4	4	4	0	4	10	20	20	66
ZUM10	Particular	Terracería	4	4	8	4	4	10	20	20	74
ZUM11	Particular	Terracería	4	4	8	4	4	10	20	20	74
ZUM12	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUM13	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUM14	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUM15	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUM16	Primaria	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUM17	Tabiquera	Terracería	4	4	0	0.08	4	10	2	0	24.1
ZUM18	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUM19	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUM20	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1
ZUM21	Particular	Terracería	4	4	8	0.08	4	10	2	0	32.1

