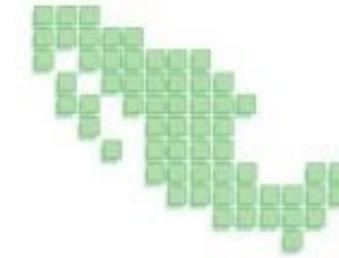
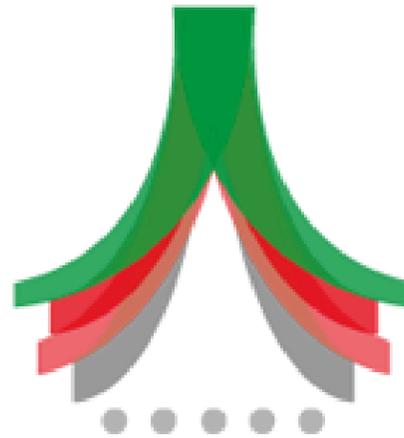




SEDATU
SECRETARÍA DE
DESARROLLO AGRARIO,
TERRITORIAL Y URBANO



PPR
PROGRAMA DE PREVENCIÓN
DE RIESGOS

Atlas de Riesgos del Municipio de Atenco, Estado de México, 2016.



Fecha: 31-diciembre-2016
Número de avance: AVANCE AL 11/12/2017
Municipio: Atenco, Estado de México
Nombre, dirección y teléfono del consultor (e-mail): EM CAPITAL SOLUCIONES INTEGRALES S.A. DE C.V.
Av. Insurgentes Sur No. 267, int. 201, Colonia Roma Norte
Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06700, México D.F.
Tel: (55) 55 32 04 81
www.emcapital.com.mx



CRÉDITOS

SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO TERRITORIAL Y URBANO

SEDATU

Secretaria de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano

Lic. Rosario Robles Berlanga

Subsecretario de Ordenamiento Territorial

Mtro. Enrique González Tiburcio.

Director General de Ordenamiento Territorial y de Atención a Zonas de Riesgo

Lic. Armando Saldaña Flores

MUNICIPIO DE ATENCO

C. Andrés Ruíz Méndez

Presidente Municipal

Arq. Bruno Flore Flores

Dirección de Desarrollo Urbano

C. Luis Díaz

Dirección de Obras Públicas

C. Humberto Espinoza

Dirección de la Comisión del Agua

C. Juan Carlos Villa

Dirección de Ecología

C. Ana Claudia Chavaro

Planeación Municipal

C. Rubén Galicia

Dirección de Catastro Municipal

C. Edgar López

Dirección de Reglamento y Vía Pública

EMPRESA / CONSULTORA

Lic. Edith Berenice Contla Sandoval

Directora General

Dr. Víctor Carlos Valerio

Director de Proyectos

M. en C. Carlos Guillermo García Vargas

Coordinador de Proyectos

Equipo de especialistas: Dra. Alicia Martínez Bringas, Ing. Leo Mijail Castañeda Robles, Lic. en Geografía Sandra Itzel López Zepeda, Ing. Arturo Sánchez Téllez, Ing. H. Leticia García Maraver.



INDICE

FASE I. MARCO TEÓRICO	5
I. Introducción.....	5
1.1 Antecedentes	5
1.2 Objetivos	6
II. Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica.....	6
2.1 Mapa Base.....	11
III. Caracterización de los elementos del medio natural	12
3.1 Fisiografía.....	12
3.2 Geomorfología.....	13
3.3 Geología.....	14
3.4 Edafología.....	18
3.5 Hidrología.....	19
3.6 Cuencas y Sub-cuencas.....	20
3.7 Clima.....	21
3.8 Uso de suelo y vegetación.....	22
3.9 Áreas Naturales Protegidas.....	23
IV. Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos	23
4.1 Dinámica demográfica.....	23
4.1.1 Análisis comparativo (valores absoluto y porcentajes) de la población de la entidad con respecto al Municipio y análisis de zona metropolitana.....	25
4.1.2 Proyección al 2010-2030 (por Municipio y localidad según CONAPO)	26
4.1.3 Distribución de la población (por localidad)	28
4.1.4 Densidad de la población (por Manzana en Zonas Urbanas)	29
4.2 Características sociales:.....	30
4.2.1 Porcentaje de analfabetismo, población de 14 años y más que asiste a la escuela y grado promedio de escolaridad.....	30
4.2.2 Población con discapacidad (población con limitación en la actividad) por localidad y manzana.....	33
4.2.3 Población que habla alguna lengua indígena y no habla español.....	34
4.2.4 Salud (población sin derechohabiencia, médicos por cada mil habitantes y tasa de mortalidad)	35
4.2.5 Pobreza	36
4.2.6 Porcentaje de población de habla indígena.....	37
4.2.7 Hacinamiento (promedio de ocupantes por cuarto) por manzana	38
4.2.8 Marginación por localidad y AGEB (en zonas urbanas).....	39
4.3 Características de la vivienda.....	40
4.3.1 Pisos de tierra.....	41
4.3.2 Servicios (agua, luz, drenaje).....	42
4.3.3 Déficit de vivienda.....	47
4.4 Empleo e ingresos.....	47
4.4.1 Sectores de ocupación porcentaje de ingresos de la PEA, razón de dependencia y tasa	49
4.5 Equipamiento e infraestructura.....	49
4.5.1 Salud.....	50
4.5.2 Educativo	52
4.5.3 Recreativo y/o de esparcimiento (plazas, centros comerciales, teatros, cines, auditorios, etc.).....	54
4.5.4 Estación de bomberos, seguridad pública, albergues, ruta de evacuación, etc.....	54
4.5.5 Presas, líneas de conducción de gas y combustible, plantas de tratamiento, estaciones eléctricas, etc.....	55
4.6 Identificar reserva territorial y si es parte de una Zona Metropolitana mencionar las conurbaciones principales.....	55
4.7 Expansión de la Ciudad 1980-2010 (elaborar mapa identificando la expansión de la ciudad incluyendo año, población y superficie).....	56
FASE II. IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS Y PELIGROS, ANTE FENÓMENOS PERTURBADORES DE ORIGEN NATURAL.....	57
5.1 Fenómenos Geológicos.....	57
5.1.1 Vulcanismo.....	57
5.1.1.1 Sierra de Guadalupe.....	58
5.1.1.2 Sierra de las Cruces	58



5.1.1.3. Sierra Chichinautzin.....	59
5.1.1.4. Sierra Santa Catarina.....	59
5.1.1.5. Volcán Jocotitlán.....	60
5.1.1.6 Volcán Nevado de Toluca.....	60
5.1.1.7. Volcán Popocatepetl (Sierra Nevada).....	62
5.1.1.8 Peligro por ceniza volcánica.....	64
5.1.2. Sismos.....	66
5.1.2.1 Sismicidad local.....	68
5.1.2.2 Sismicidad cortical:.....	69
5.1.2.3. Sismos intraplaca de profundidad intermedia:.....	70
5.1.2.4. Sismos de subducción:.....	71
5.1.2.5. Zonificación sísmica de la Ciudad de México.....	72
5.1.2.6. Peligro por sismos.....	73
5.1.3. Tsunamis.....	78
5.1.4. Inestabilidad de laderas.....	78
5.1.5. Flujos.....	79
5.1.6. Caídos o derrumbes.....	79
5.1.7. Hundimientos.....	80
5.1.8. Subsistencia.....	86
5.1.9. Agrietamientos.....	87
5.2. Fenómenos Hidrometeorológicos.....	91
5.2.1. Ondas cálidas y gélidas.....	92
5.2.2. Sequías.....	96
5.2.3. Heladas.....	97
5.2.4. Tormentas de granizo.....	98
5.2.5. Tormentas de nieve.....	100
5.2.6. Ciclones tropicales.....	100
5.2.7. Tornados.....	101
5.2.8. Tormentas polvo.....	102
5.2.9. Tormentas eléctricas.....	102
5.2.10. Lluvias extremas.....	104

5.2.11. Inundaciones pluviales, costeras y lacustres.....	106
FASE III. VULNERABILIDAD.....	113
Vulnerabilidad.....	113
6.1. Vulnerabilidad Social.....	113
6.1.1. Características sociales y económicas.....	114
6.1.2. Capacidad de respuesta.....	117
6.1.3. Percepción local del Riesgo.....	119
6.2. Vulnerabilidad física.....	121
FASE IV. RIESGO/ EXPOSICIÓN.....	123
7.1. Estimación de pérdidas económicas.....	124
7.2. Estimación de infraestructura dañada.....	125
7.3. Estimación del costo mínimo, máximo y probable.....	127
FASE V. PROPUESTAS DE ESTUDIOS, OBRAS Y ACCIONES.....	128
8. Propuestas de estudios, obras y acciones.....	128
8.1. Planteamiento de propuestas.....	128
8.2. Evaluación de propuestas.....	129
8.3. Conciliación de propuestas y priorización con Autoridades Locales.....	129
8.4. Plan de obras y acciones.....	130
8.6. Cuadro de estudios, obras y acciones.....	130
8.7. Escenarios de vulnerabilidad física y riesgo tras la construcción del nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.....	134
BIBLIOGRAFÍA.....	136



FASE I. MARCO TEÓRICO

I. Introducción.

A fin de que el Gobierno del Municipio de Atenco, Estado de México, cuente con una herramienta que proporcione información de los peligros y riesgos que pueden causar desastres a nivel municipal, la administración en turno, y tomando como referencia el Programa de Prevención de Riesgos, a cargo de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), se realizó el Atlas de Peligros y Riesgos Naturales del Municipio de Atenco, el cual está conformado para ser manejado en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Ello permitirá establecer mejores políticas, planes y programas de planeación urbana, ordenamiento territorial, estrategias de prevención, mejorando la toma de decisiones para una efectiva planeación y gestión urbana.

Asimismo, los resultados de este estudio, involucran a todos los niveles de gobierno, medios de comunicación, y a los habitantes del municipio, para que el manejo y difusión de la información con respecto a los riesgos, permita reducir significativamente su impacto.

Para la generación del presente documento, se analizaron a detalle los fenómenos naturales que inciden al interior del territorio municipal, en estricto apego y seguimiento a los “Términos de Referencia para la elaboración de Atlas de Peligros y/o Riesgos 2016, documento editado y publicado por la SEDATU. La información se integró teniendo como plataforma el software “Arc Gis Desktop versión 10.0”, con el fin de manipular, modificar, editar, actualizar la información correspondiente a los riesgos naturales involucrados en este estudio.

Grosso modo y con base en el análisis previo que se elaboró, se conoce que los principales peligros a los que está expuesto el municipio de Atenco son los asociados a los fenómenos hidrometeorológicos, específicamente los eventos que tienen que ver con lluvias extremas, e inundaciones.

Asimismo, debido al tipo de material lacustre que conforma el territorio del municipio, también está expuesto a procesos de hundimiento (a nivel local), subsidencia (a nivel regional) y agrietamientos del terreno.

Los análisis correspondientes a cada uno de los peligros serán dirigidos y desarrollados por especialistas en la materia, que cuentan con gran prestigio a nivel nacional e internacional dentro de la comunidad científica.

1.1 Antecedentes

Antecedentes (Antecedentes históricos de peligros o riesgos)

La frecuencia e intensidad de los desastres provocados por fenómenos naturales, impactan de manera directa sobre la población, economía y los ecosistemas. Tradicionalmente la respuesta es sobre el control del daño y se ha limitado a responder a las calamidades, tomándose pocas veces medidas preventivas. Hoy en día se reconoce que la manera más eficiente y económica de manejar los desastres es la prevención y planificación de las respuestas ante una emergencia.

En el municipio de Atenco, es recurrente la presencia de fenómenos hidrometeorológicos (sequías, inundaciones, ciclones, temperaturas extremas), que a lo largo del tiempo han afectado la actividad económica del municipio y dentro de los geológicos, hay evidencias de hundimientos locales, agrietamientos, sismos y eventualmente actividad volcánica.

Tabla. 01. Antecedentes de desastres históricos en el municipio.

Fenómeno	Fecha	Fuente	Descripción
Inundación	1988-09-08	https://online.desinventar.org/desinventar/#MEX-1250695136-mexico_inventario_historico_de_desastres	Daños generales en varias colonias debido al paso de las tormentas tropicales Debby y Cristina
Sequía	1999-04-09	https://online.desinventar.org/desinventar/#MEX-1250695136-mexico_inventario_historico_de_desastres	Hectáreas agrícolas permanecen ociosas por falta de agua para el riego.
Inundación	2006-07-12	EL UNIVERSAL http://archivo.eluniversal.com.mx/ciudad/78583.html	Daños en las Colonias San Pedro Guadalupe y San Mateo debido al desbordamiento de 3 canales pluviales por las intensas lluvias.
Inundación	2006-08-12	EL UNIVERSAL http://archivo.eluniversal.com.mx/ciudad/78587.html	Daños en la Colonia La Concepción debido al desbordamiento de 3 canales de aguas pluviales en el Río Lerma.
Incendio forestal	2010-12-07	https://online.desinventar.org/desinventar/#MEX-1250695136-mexico_inventario_historico_de_desastres	Daños en varias decenas de hectáreas ubicadas en El Salado.



Actividad Volcánica	2013-07-05	EL UNIVERSAL http://archivo.eluniversal.com.mx/notas/922447.html	Se incrementa a Fase III la alerta por el incremento de la actividad del volcán Popocatepetl. Debido a la intensa lluvia de ceniza, se suspendieron las actividades al aire libre en las escuelas.
Inundación	2015-09-17	EL UNIVERSAL http://www.eluniversal.com.mx/articulo/metropoli/edomex/2015/09/17/edil-de-meteppec-atiende-inundacion-en-san-salvador-atenco	Se registraron daños en la Colonias Lucas Tunco

Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de los diarios de mayor circulación en México.

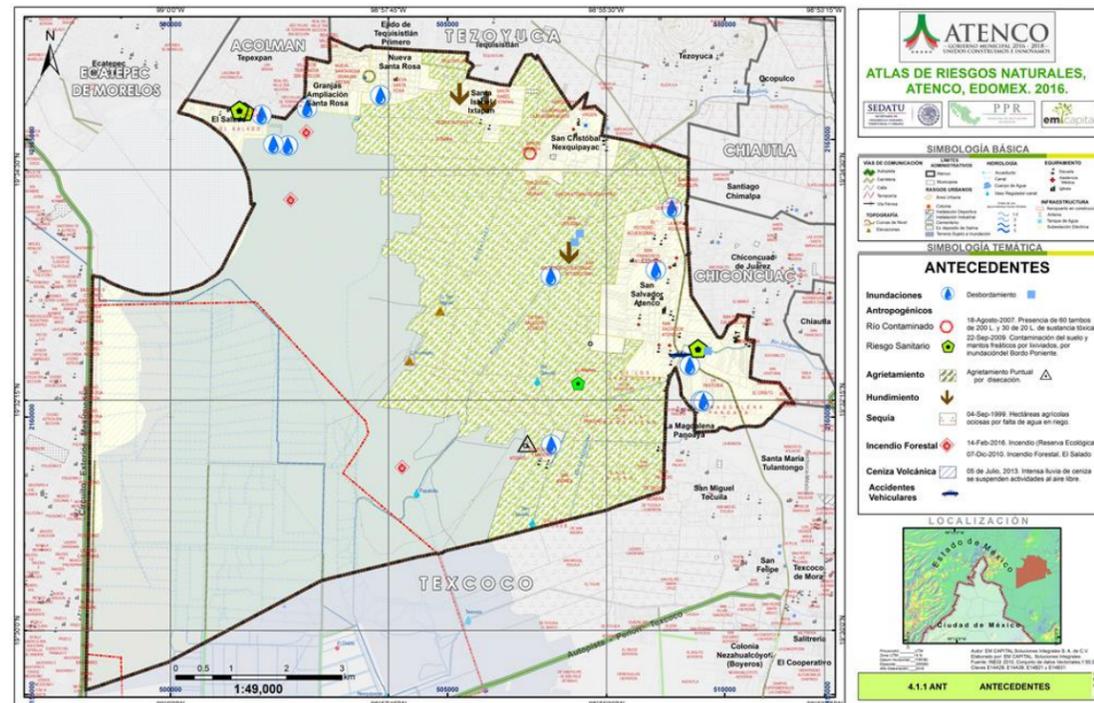


Figura 01. Mapa de Antecedentes Históricos

1.2 Objetivos

Elaborar el Atlas de Peligros y/o Riesgos del Municipio de Atenco, a fin de detectar, clasificar y zonificar las áreas de peligros, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos perturbadores de origen natural.

- Objetivos Específicos.

Integrar, homologar y estandarizar la información existente (municipal, estatal y federal) relativa a cada uno de los fenómenos perturbadores: hidrometeorológicos y geológicos que afectan al municipio.

Elaborar mapas de zonificación y escenarios de peligro, conjuntado con la exposición y vulnerabilidad para conformar el nivel de riesgo por municipio y por fenómeno perturbador, mediante metodologías que permitan utilizar los criterios que, a nivel nacional, han definido las instancias con atribuciones en materia de riesgo.

II. Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica.

Los niveles de análisis de los diferentes peligros y riesgos, según los “términos de referencia para la Elaboración de Atlas de Peligros y/o Riesgos 2016, se determinaron a partir del tipo de fenómeno perturbador, su extensión, nivel de afectación y nivel de detalle de la información disponible. Las tablas 02 y 03 muestran las diferentes escalas y niveles de análisis de acuerdo a cada tipo de peligro considerado.

Nivel de análisis para fenómenos perturbadores de origen geológico.

Tabla. 02. Nivel de análisis para fenómenos perturbadores de origen geológico.

PELIGRO	NIVEL CONCEPTUAL DE ANÁLISIS	ESCALA DE ANÁLISIS	ESCALAS
1.- Erupciones volcánicas	Nivel 1	Municipal	1:49,000 y 1: 407,000
2.- Sismos	Nivel 2	Municipal	1:49,000, 1: 850,000 y 1: 421,655
3.- Tsunamis	No aplica	-	-
4.- Inestabilidad de laderas	No aplica	Municipal	-
5.- Flujos	No aplica	Municipal	-
6.- Caídos o derrumbes	No aplica	Municipal	-



7.- Hundimientos	Nivel 1	Municipal	1:49,000
8.- Subsistencia	Nivel 1	Municipal	1:49,000
9.- Agrietamientos	Nivel 1	Municipal	1:49,000

Fuente: Términos de Referencia para Elaboración de atlas de Peligros y/o riesgos 2016, SEDATU

Tabla. 03. Nivel de análisis para fenómenos perturbadores de origen hidrometeorológico.

PELIGRO	NIVEL CONCEPTUAL DE ANÁLISIS	ESCALA DE ANÁLISIS	ESCALAS
10. Ondas cálidas y gélidas	Nivel 1. Ondas cálidas. Nivel 2. Ondas gélidas.	Municipal	1:49,000
11. Sequías	Nivel 2.	Municipal	1:49,000
12. Heladas	Nivel 2.	Municipal	1:49,000
13. Tormentas de granizo	Nivel 2.	Municipal	1:49,000
14. Tormentas de nieve	No aplica.	Municipal	1:49,000
15. Ciclones tropicales	No aplica.	Municipal	1:49,000
16. Tornados	Nivel 1.	Municipal	1:49,000
17. Tormentas polvo	Nivel 2.	-	-
18. Tormentas eléctricas.	Nivel 2.	Municipal	1:49,000
19. Lluvias extremas	Nivel 2.	-	-
20. Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres	Nivel 2.	Municipal, localidad	1:49,000

Fuente: Términos de Referencia para Elaboración de atlas de Peligros y/o riesgos 2016, SEDATU

La tabla 04 muestra las diferentes escalas para el análisis de los aspectos socioeconómicos.

Tabla. 04. Niveles de análisis y escalas de representación de los elementos sociales, demográficos y económicos.

ELEMENTOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y DEMOGRÁFICOS	METODOLOGÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN	NIVEL DE ANÁLISIS	ESCALAS
Distribución de población	INEGI, CONEVAL	Municipal, urbana Localidad	
Densidad de población	INEGI, CONEVAL	Municipal, urbana Localidad	1:5,300
Población analfabeta	INEGI, CONEVAL	Municipal, urbana Localidad	1:5,300
Población sin escolaridad	INEGI, CONEVAL	Municipal, urbana Localidad	1:5,300
Población con discapacidad	INEGI, CONEVAL	Municipal, urbana Localidad	
Población que habla lengua indígena y no habla español	INEGI, CONEVAL	Municipal, urbana Localidad	1:5,300
Población sin derechohabiencia.	INEGI, CONEVAL	Municipal, urbana Localidad	1:5,300
Población de 60 años y mas	INEGI, CONEVAL	Municipal, urbana Localidad	1:5,300
Hacinamiento (promedio de ocupantes por cuarto)	INEGI, CONEVAL	Municipal, urbana Localidad	1:5,300
Índice de marginación	INEGI, CONEVAL	Municipal, urbana Localidad	1:5,300
Viviendas con piso de tierra	INEGI, CONEVAL	Municipal, urbana Localidad	1:5,300
Viviendas sin energía eléctrica	INEGI, CONEVAL	Municipal, urbana Localidad	1:5,300
Viviendas sin agua	INEGI, CONEVAL	Municipal, urbana Localidad	1:5,300
Viviendas sin drenaje	INEGI, CONEVAL	Municipal, urbana Localidad	1:5,300



Reserva territorial	INEGI, CONEVAL	Municipal, urbana	Localidad	1:5,300
Expansión de Ciudad mayores de 50 mil habitantes (1980-2010)	INEGI, CONEVAL	Municipal, urbana	Localidad	1:5,300

Fuente: Términos de Referencia para Elaboración de atlas de Peligros y/o riesgos 2016, SEDATU

En el caso del análisis y las fuentes de información de los rubros sociales, demográficos y económicos, se tendrá la siguiente escala de análisis. Para las localidades urbanas del municipio: 1:5,300.

Se generó un mapa base para representar en él todos los temas, e incluirá: localidades (toponimia), vialidades principales, curvas de nivel, hidrografía, principales obras de infraestructura y líneas de comunicación. Se recabará la información relevante con que cuente del municipio, misma que será integrada en el Atlas de Riesgos para su consulta, manipulación, análisis y actualización.

Metodología General

Los análisis que integran este documento, se apegan a los términos de referencia denominados: "Términos de referencia para la elaboración de Atlas de Peligros y/o Riesgos 2016, emitidos y publicados por la SEDATU. Asimismo, se toman en cuenta los lineamientos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), en sus "Términos de Referencia y Guía de contenido mínimo para los Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos".

Las actividades principales que conforman la metodología son:

- Recopilación y análisis de información previa.
- Generación de cartografía base, mapa base y mapas temáticos.
- Análisis de los peligros geológicos e hidrometeorológicos que tengan un impacto en el municipio.
- Trabajo de campo para los principales fenómenos perturbadores, para recabar datos que permitan ponderar y modelar las variables involucradas en los análisis de peligro.
- Análisis de la vulnerabilidad del área de estudio con base en la información disponible (INEGI, CONEVAL, CONAPO).
- Estimación del riesgo por fenómenos geológicos e hidrometeorológicos en términos de viviendas y población potencialmente afectable.
- Recomendaciones para la mitigación.

NIVEL DE ANÁLISIS PARA RIESGOS GEOLÓGICOS (G)

ERUPCIONES VOLCÁNICAS

ESTUDIO NIVEL 2.

Ubicación del municipio dentro del contexto geológico de México.

Ubicación la localidad en estudio, en la cartografía geológica de la República Mexicana a fin de determinar si se encuentra cercana a un campo volcánico o cerca de un volcán peligroso o activo.

Elaboración de un análisis de todos los cuerpos volcánicos ubicados en un radio de 100 km a partir del municipio.

Descripción de los volcanes activos (con menos de 10,000 años de actividad).

SISMOS

ESTUDIO NIVEL 2

Ubicación de la zona, en mapas de Aceleración Máxima del Terreno y Periodos de Retorno de 10, 100 y 500 años publicados por el CENAPRED.

Con base en los mapas citados, se realizó la clasificación municipal correspondiente, en donde se reportan los valores de aceleración máxima del terreno.

TSUNAMIS

No aplica

INESTABILIDAD DE LADERAS

No aplica

FLUJOS

No aplica

CAÍDOS O DERRUMBES

No aplica



HUNDIMIENTOS-SUBSIDENCIA

ESTUDIO NIVEL 1

Realizar un inventario sobre los casos documentados por un periodo de tiempo a 10 años.

Realizar un levantamiento en campo de formaciones geológicas o zonas de antiguas minas que puedan dar origen a fenómenos de hundimiento y subsidencia.

Identificar infraestructura, viviendas dañadas y variaciones del nivel del suelo por este proceso, registrar dichas evidencias en un mapa con escala a detalle.

Realizar inventario sobre los casos documentados por un periodo de tiempo no menor de diez años.

AGRIETAMIENTOS

ESTUDIO NIVEL 1

Cartografía general de los agrietamientos en el área de estudio.

Identificación de infraestructura y viviendas dañadas por este proceso no menor a 10 años

Determinación de la Presencia del fenómeno perturbador fallas y fracturas.

Reconocimiento del sitio en cuestión, en busca de evidencia de la presencia de fracturas-fallas, mediante caminamientos.

NIVEL DE ANÁLISIS PARA RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS (H)

ONDAS GELIDAS

ESTUDIO NIVEL 1

Obtención de los registros de datos climatológicos de tres décadas de temperaturas máximas y mínimas extremas mensuales, de cada una de las estaciones meteorológicas de la zona de estudio.

Establecer los rangos para las isotermas con el objetivo de estandarizar la información.

Se cuantificarán de manera anual los días con Nevadas, se extrapolará la probabilidad de ocurrencia de nevadas.

Determinar la humedad relativa y la correlación a la sensación térmica.

Identificación de gradientes térmicos considerando las ligeras variaciones de altitud del terreno.

ONDAS CALIDAS

ESTUDIO NIVEL 1

Obtención de los registros de datos climatológicos de tres décadas de temperaturas máximas y mínimas extremas mensuales, de cada una de las estaciones meteorológicas de la zona de estudio.

Establecer los rangos para las isotermas de acuerdo a ésta guía, lo anterior con objetivo de estandarización

Obtención los registros de datos climatológicos de varias décadas de temperaturas máximas extremas mensuales. Establecer los rangos para las isotermas de acuerdo a la distribución del sistema.

SEQUÍAS

ESTUDIO NIVEL 1-2

Consultar mapas de sequía del país a nivel municipal del CENAPRED.

Determinación los porcentajes de sequía intraestival

Se usan datos de precipitación media mensual, con preferencia de mayo a octubre.

Elaboración de gráficas para identificar el comportamiento de la sequía intraestival.

Empleo de imágenes de la región para el cálculo del índice normalizado diferencial de la sequía.

HELADAS

ESTUDIO NIVEL 1

Visualización ambiental durante o posterior a las heladas en: Flora silvestre, Fauna silvestre, Agricultura, Ganadería, Población. Para ello se realiza trabajo de campo en zonas afectadas.

Registro de temperaturas. Los geofactores más propensos a ser identificados cuando las temperaturas atmosféricas bajan lo suficiente (alrededor de 0°C), son la vegetación natural y los cultivos agrícolas.

TORMENTAS DE GRANIZO

ESTUDIO NIVEL 1



Se analizarán datos históricos y a partir de un análisis de frecuencias, se obtendrá un mapa de probabilidad de ocurrencia y se tipificará en niveles de peligro.

Obtener escenarios probabilísticos.

TORMENTAS DE NIEVE

ESTUDIO NIVEL 1

Registro en la época de frío para la observación de las regiones donde precipitan las nevadas definiendo coberturas y alturas de ocurrencia.

Generación de una serie de datos a la que se ajustará una función de distribución de probabilidad.

CICLONES TROPICALES

No aplica

TORNADOS

ESTUDIO NIVEL 1

Consulta del Atlas Nacional de Riesgos, en específico el mapa de presencia de tornados en municipio de México.

Recabar información en campo sobre la existencia de tornados, aun cuando el Municipio no aparezca como afectado en el mapa antes mencionado. Sondear en el Municipio sobre la ocurrencia del fenómeno mencionado.

Recuperar y georreferenciar trayectorias de los tornados, así como afectaciones en el Municipio.

TORMENTAS POLVO

No aplica

Consultar el Atlas Nacional de Riesgos. Se investigará mediante encuestas a la población y a Protección Civil Municipal, sobre la ocurrencia de este fenómeno. En caso de no contar con antecedentes, se considerará NO aplica.

LLUVIAS EXTREMAS

ESTUDIO NIVEL 2

Análisis de amenaza por lluvia, mediante la identificación bibliográfica y levantamiento en campo de las zonas en donde se han registrado en los últimos años las principales afectaciones por este fenómeno,

Estimar la ocurrencia de eventos a periodos de retorno dados, es decir, extrapolar y tratar de prever posibles daños ante la ocurrencia de eventos de lluvia extraordinarias. Para este análisis se emplearon los datos de isoyectas de intensidad de lluvias para periodos de retorno de CENAPRED.

TORMENTAS ELÉCTRICAS

ESTUDIO NIVEL 2

Registros históricos de tormentas eléctricas:

Se calcularán los valores medios de las tormentas de un periodo determinado, que puede ser un mes, una estación del año o los valores medios anuales.

Se trazarán isopletas de un espacio dado o bien pueden usarse rangos representados de varios colores para mostrar la distribución espacial del hidrometeoro.

Ajuste de la distribución de la probabilidad adecuada para la ocurrencia de tormentas eléctricas.

Se analizarán las tormentas para periodos de retorno a 5, 10, 15 y 25 años.

INUNDACIONES PLUVIALES, FLUVIALES, COSTERAS Y LACUSTRES

ESTUDIO NIVEL 1-2

Formulación de modelos matemáticos para simular los escenarios de precipitación más desfavorables.

Cartografía general de inundaciones históricas.

Se realiza una encuesta de una muestra entre la población y un levantamiento general de infraestructura dañada y se registra en un mapa a escala detallada. La escala de información será de por lo menos 1:10 000.

Se realiza el análisis estadístico de las variables precipitación máxima y caudal máximo (en caso de existir datos de este último).



2.1 Mapa Base.

El municipio de Atenco está ubicado al oriente del Estado de México y de la cuenca lacustre de la Cuenca de México. Su localización geográfica esta entre los paralelos 19° 29' 20" de latitud norte y 19° 36' 34" de longitud oeste, colinda al norte con los municipios de Ecatepec de Morelos, Acolman y Tezoyuca; al este con los municipios de Chiantla, Chiconcuac y Texcoco; al sur con el municipio de Texcoco; al oeste con el municipio de Ecatepec de Morelos.

Cuenta con una extensión territorial 87.58 km² donde se asientan aproximadamente 56,253 habitantes con base en los datos del censo de INEGI del 2010, cuanta además con cinco localidades urbanas, entre ellas la cabecera municipal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 05. Localidades Urbanas papa el año 2010.

NOMBRE DE LOCALIDAD	POBLACION TOTAL	TIPO DE LOCALIDAD
Granjas ampliación Santa Rosa	5,821.00	Urbana
Nueva Santa Rosa	4,990.00	Urbana
Ixtapa	4,407.00	Urbana
Nexquipayac	6,661.00	Urbana
San Salvador Atenco	17,124.00	Urbana

Con base en datos más recientes como el conteo rápido de INEGI 2015 se sabe que el número de localidades urbanas se ha incrementado de cinco a nueve, lo que muestra el acelerado crecimiento de las localidades, y se estima que con la llegada de nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México estas cifras crezcan exponencialmente.

Las localidades que para el 2015 alcanzaron el estatus de localidades urbanas se muestran en la siguiente tabla, así como su población total:

Tabla 06. Localidades Urbanas papa el año 2015.

NOMBRE DE LOCALIDAD	POBLACION TOTAL	TIPO DE LOCALIDAD
Zapotlán	2,849.00	URBANO
La Pastoría	5,135.00	URBANO
Colonia el Salado	3,567.00	URBANO
Ejido la Magdalena Panoaya	2,544.00	URBANO

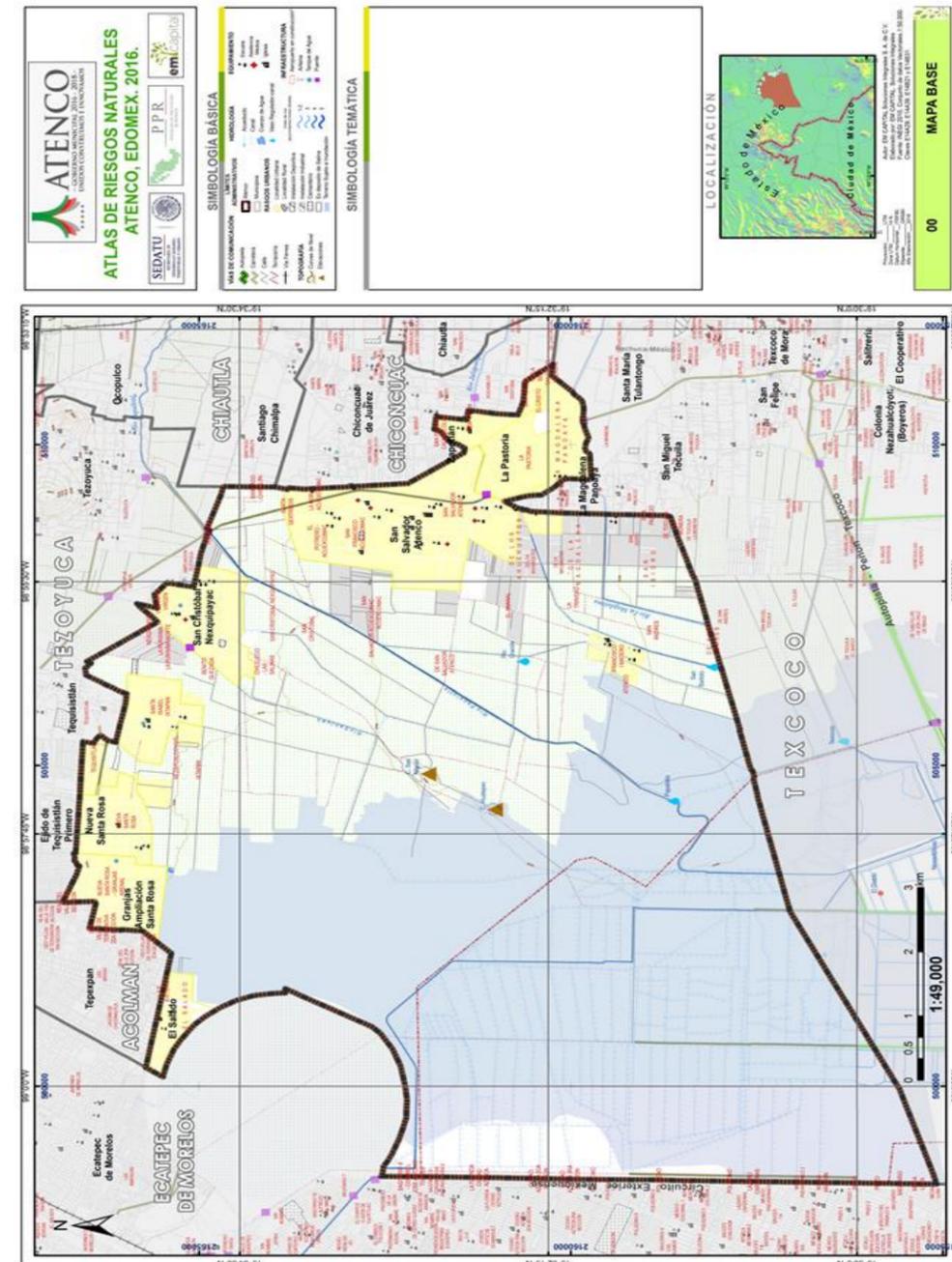


Figura 02. Mapa Base del Municipio de Atenco, Estado de México



El municipio de Atenco forma parte de los 59 municipios que conforman la zona metropolitana Cuaititlan- Texcoco del Estado de México con cerca de 12 millones 181 mil 483 habitantes (2014).

La escala de representación de los mapas base es de **1:49,000 para el Mapa Base Municipal (MBM)** y de **1: 49,000 y 1: 390,236 para los Mapas Base Urbano (MBU)**, y aun a escalas mayores para hacer acercamientos a zonas de interés desde el punto de vista del riesgo.

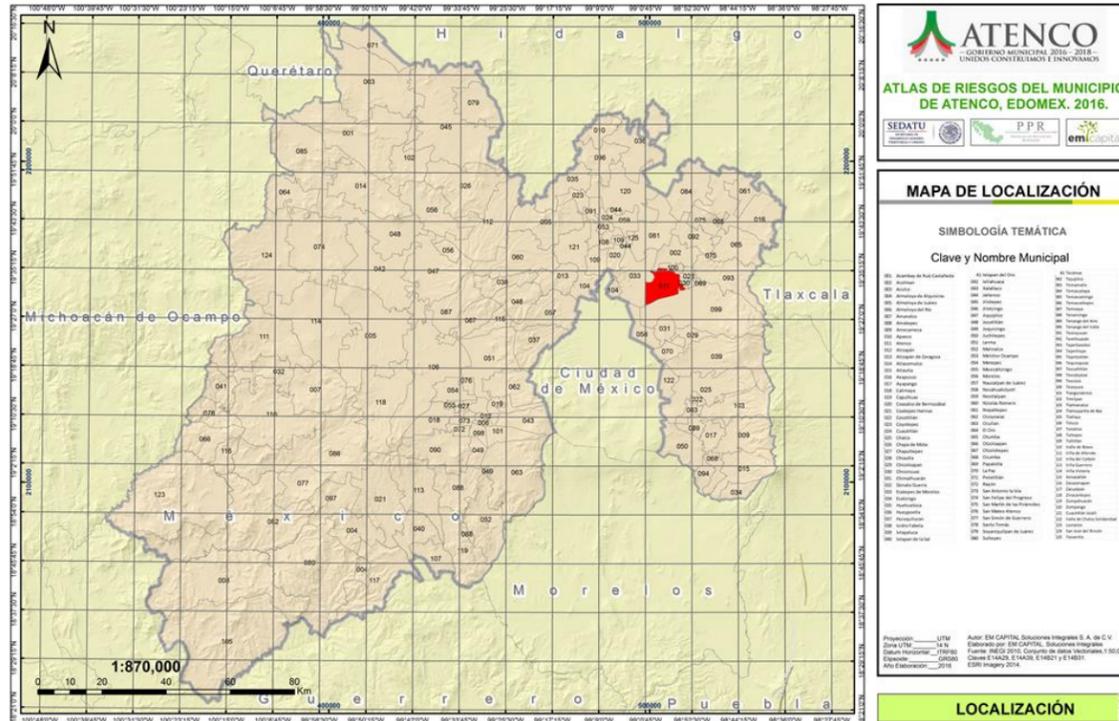


Figura 03 Mapa de Localización del Municipio de Atenco

Tabla 07. Porcentaje de la extensión del territorio del municipio de Atenco.

Extensión en porcentaje		
Territorio	km ²	% respecto al nacional
Nacional	1,973,000	100
Estatad	22,351	1.13
Municipal	87.58	0.00445

Fuente: EM Capital S.A. de C.V. Con datos de INEGI

III. Caracterización de los elementos del medio natural

3.1 Fisiografía.

De acuerdo con la clasificación de provincias fisiográficas propuesta por Raisz E. (1964), el municipio de Atenco se encuentra situado en su totalidad dentro de la parte centro-oriental de la Provincia del Eje Neovolcánico Transmexicano caracterizado por ser una gran masa de rocas y sistemas volcánicos originados por la acción convergente entre la Placa de Cocos por debajo de la Placa Norteamericana de edad del Mioceno al Reciente.

De la misma forma, en la Subprovincia de los Lagos y Volcanes de Anáhuac, que consta de sierras volcánicas, asociadas al Eje Neovolcánico y grandes volcanes individuales, alternados por amplias llanuras y vasos lacustres en la que morfológicamente, la región del municipio se caracteriza por ser una planicie rodeada de cadenas montañosas y cuerpos volcánicos del mencionado eje.

La siguiente tabla muestra la superficie total municipal y el porcentaje que corresponde de la provicion y subprovincia:

Tabla 08. Sistema de Topoformas del municipio de Atenco.

Provincia Fisiográfica		
Eje Neovolcánico Transmexicano	87.58 km ²	100%
Subprovincia Fisiográfica		
Lagos y Volcanes de Anáhuac	87.58 km ²	100%

Fuente: EM Capital S.A. de C.V. Con datos de INEGI

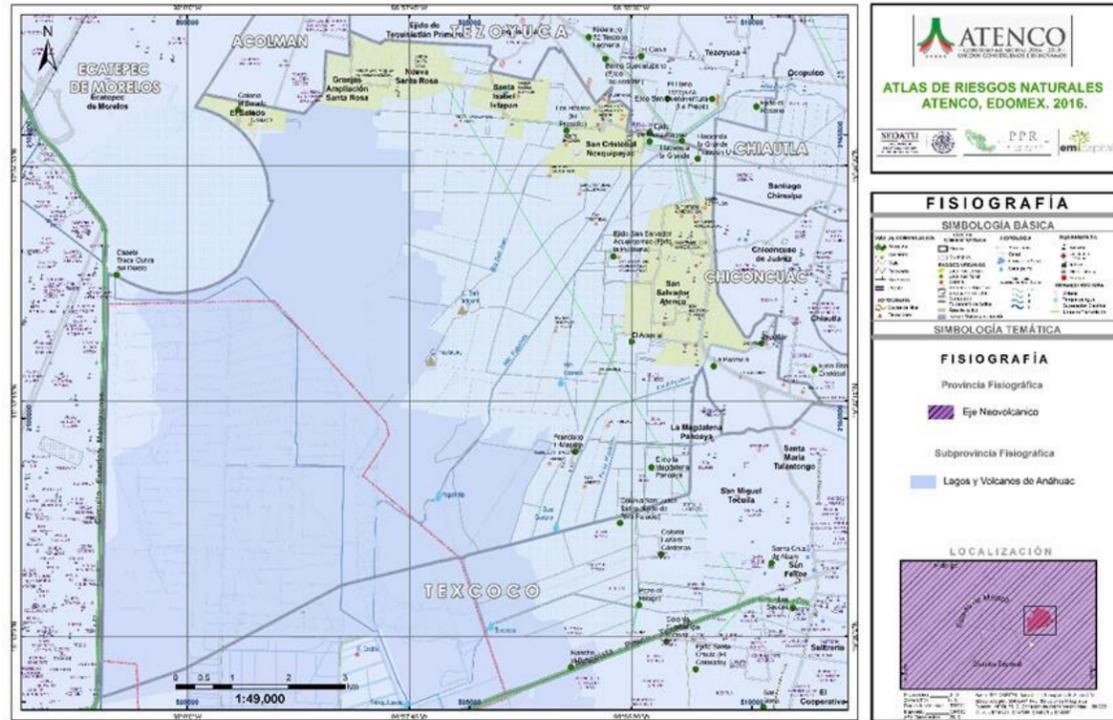


Figura 04 Mapa de Fisiografía del Municipio de Atenco

3.2 Geomorfología.

Se define como Provincia Geomorfológica al área o unidad geomorfológica caracterizada por regiones climáticas, morfología, génesis y localidad, en las cuales la intensidad y significado relativo estos procesos geomorfológicos son esencialmente uniformes (Hubp Lugo, 1989).

La configuración de la región es predominantemente una planicie con elevaciones suaves de 2247 a 2257 metros sobre el nivel del mar, en donde estas elevaciones de altura se localizan en la parte este del municipio, en la que esta tierra es ocupada por casas habitación y zona de agricultura, colindante con la zona de Chinconcuac, en la Cuenca de Texcoco, en la que esta superficie yace sobre rocas volcánicas del Eje Neovolcánico Transmexicano (E. Raisz, 1959).

El terreno del municipio, forma parte de un sistema de lagos salinos, que en la actualidad se encuentra en proceso de desecación del Lago de Texcoco, donde sus aguas provenían de lo alto de las cadenas montañosas circundantes (Sierra de Las Cruces, Sierra Nevada, Sierra Volcánica Popocatepetl-Iztaccíhuatl, volcán Chimalhuacán, cerro de las Promesas, Chiautla).

La formación de la superficie del vaso lacustre del municipio, le pertenece al periodo cuaternario y tiene una topografía plana en la que puede variar de tres a cuatro metros de altitud al este.

El municipio se asienta básicamente sobre dos unidades geomorfológicas, la primera de ellas y la de mayor extensión la Planicie lacustre acumulativa que abarca una superficie de 54.07 km² que representan el 61.73% de la superficie municipal total. La segunda unidad es la denominada Planicie lacustre que abarca una superficie de 33.51 km² que representan el 38.27% de la superficie territorial y se encuentra en la porción oeste del municipio.

Tabla 09. Geomorfología del municipio de Atenco.

UNIDAD GEOMORFOLOGICA	EXTENSIÓN	%
Planicie Lacustre	33.51	38.27
Planicie Lacustre Acumulativa	54.07	61.73
	87.58	100

Fuente: EM Capital S.A. de C.V. Con datos de INEGI

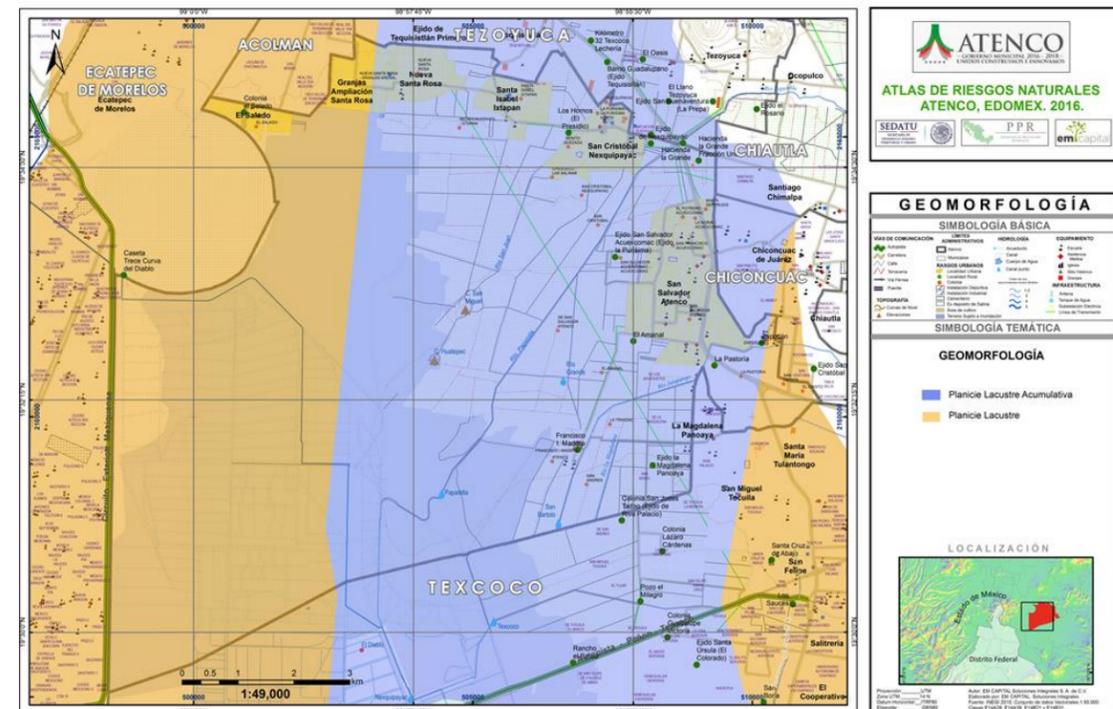


Figura 05 Mapa de Geomorfología del Municipio de Atenco



3.3 Geología.

El municipio de Atenco está situado en una planicie lacustre en la cuenca de México. Dicha cuenca ocupa un área de aproximadamente 9,600 km², situada a 2,250 m sobre el nivel del mar, en el extremo sur de la Mesa Central.

La cuenca de México tiene un contorno irregular, alargado de norte a sur, de aproximadamente 125 km de largo y 75 km de ancho. Está rodeada por altas montañas, limitada al norte por las sierras de Pachuca, Tepetzotlán, Guadalupe, Patlachique y Tepozán. Al sur está limitada por la sierra de Chichinautzin, al este por la sierra Nevada con sus picos Ixtacíhuatl y Popocatepetl, con una altura media de 5,300 m. Al oeste la cuenca está limitada por la sierra de Monte Alto y de las Cruces (Figura 06).



Figura 06. Cuenca del Valle de México

ESTRATIGRAFÍA DE LA CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO.

CRETÁCICO:

Está compuesto de la formación Morelos aflora al sur de la Sierra Chichinautzin. Dicha formación se ha encontrado en los pozos exploratorios Mixuca-1 y Tulyehualco-1 realizados por PEMEX a profundidades de 2,060 y 2,160 m, con espesores de 410 y 650 m respectivamente; en esta Formación hay presencia de calizas con microfósiles "Nummoloculina heimi" y "Dycyclina schulbergeri"; con base a estas apariciones, PEMEX considera a esta como la unidad más antigua (Albiano Medio- Cenomaniano Temprano), sin embargo aún no se sabe cuál es el basamento en el que descansa el subsuelo de la Cuenca de México. (Fries, 1960).

La formación Cuautla la describe (Fries, 1960) fechándola en un periodo Cenomaniano Tardío al Turoniano Tardío. Las facies que han sido reconocidas al sur de la Sierra Tepoztlán y al norte de Zumpango, an sido observadas encima de la Formación Morelos y completamente distribuida sobre la Cuenca de México (Velázquez Sánchez y R. Jaimes Palomera, 1989). En sondeos de PEMEX esta Formación fue reconocida en los pozos Mixhuca-1 y Tulyehualco-1 a profundidades de 1,575 y 2,100 m respectivamente. Litológicamente esta Formación consta de caliza gris con espesores variables y con presencia de rudistas y caliza arrecifal (Enciso de la Vega. 1992).

La formación mexcala también descrita por (Fries, 1960). De carácter rítmico tipo flysch (De Cserna., et al 1988) de grauvacas (turbiditas), limolitas y lutitas, distribuyéndose sobre todo en zonas de sinclinales. Aflora en la Sierra Chichinautzin y en el cerro La Palma. Se han observado en el Pozo Mixhuca-1 entre los 1,720 y 1,850 m de profundidad, esta unidad se sabe que corresponde a la formación mexcala por la presencia de microfósiles tales como Margino-truncana sp y Archeoglobigerina sp., estos fósiles son típicos del Turoniano - Maestrichtiano; la Formación Mexcala se formó durante el Conaciano - Campaniano (Cretácico Tardío), que se originó por un levantamiento del arco magmático tipo Andino y su futura erosión de las rocas laramídicas ya que el arco venia emigrando de occidente a oriente (Damon et al. 1981).

TERCIARIO

El grupo Balsas son depósitos continentales de edad terciaria, para ser precisos del Eoceno Tardío al Oligoceno Temprano, contiene una gran variedad litológica. En la información obtenida en el Pozo Texcoco-1 se observó el conglomerado calizo cubierto por limolita calcárea que contiene interestratificación por tobas y aglomerados con una antigüedad anterior a los 31 Ma, ya que los basaltos reconocidos en la parte superior datan con estudios radiométricos tal edad. En general es difícil establecer su posición estratigráfica y estructural, además cabe afirmar que la ausencia de fósiles impide su mejor descripción (Enciso de la Vega, 1992).

ROCAS VOLCÁNICAS DEL OLIGOCENO – MIOCENO TEMPRANO

Estas rocas afloran profundamente erosionadas y fracturadas en la Sierra de Xochitepec, en los cerros Picacho y Pulpito del Diablo, además de otras pequeñas localidades (Fries. 1960). Las perforaciones realizadas por PEMEX atravesaron a estas rocas entre los 390 y 1,750 m con espesores variables. Su composición es variable que va desde andesítica a riódacítica, aunque en pozos como Copilco-1, Mixhuca-1 y Roma-1 se describen derrames lávicos de basalto.

Están consideradas como una secuencia de tobas líticas, vítreas y cristalinas, brechas tobáceas y aglomerados, estos depósitos se encuentran interestratificados y/o cubiertos por derrames de lava. Estas secuencias volcánicas contienen capas clásticas aluviales con un espesor máximo de 6 m, expresando un tiempo de reposo en la actividad volcánica (Velázquez Sánchez y R. Jaimes Palomera. 1989).



Dentro de la cuenca estas rocas cubren discordantemente a las unidades cretácicas y al Grupo Balsas subyacente, además de encontrarse cubiertas de manera discordante por rocas volcánicas del Mioceno Temprano (Velázquez Sánchez y R. Jaimes Palomera, 1989).

ROCAS EXTRUSIVAS DEL MIOCENO MEDIO Y TARDÍO (Tmv)

Esta serie de rocas afloran y se distribuyen por toda la cuenca, pero en porciones pequeñas, comúnmente cubiertas por material volcánico más reciente. Se observan en cerros como El Elefante, El Judío, Los Remedios, El Peñón de los Baños, la base de la Sierra de Guadalupe y de Las Cruces y algunos otros en el norte del municipio de Texcoco (Velázquez Sánchez y R. Jaimes Palomera, 1989).

Este tipo de rocas (Fries, 1960), están constituidas por tobas, brechas volcánicas y lavas de composición andesítica y dacítica. En el Pozo Texcoco-1 se observaron este tipo de rocas a profundidades entre los 814 y 920 m, en el Pozo Roma-1 a profundidades entre 633 y 60 m, en el Pozo Mixhiuca-1 entre los 880 y 1,190 m, en el Pozo Copilco-1 a profundidades entre 1 180 y 1 580 m y por último en el Pozo Tulyehualco a profundidades entre 930 y 1,740 m. las cuales cubren discordantemente a las rocas volcánicas del Oligoceno Tardío al Mioceno Temprano, además del Grupo Balsas en algunas zonas como a las rocas cretácicas. (Velázquez Sánchez y R. Jaimes Palomera, 1989). (Figura 07).

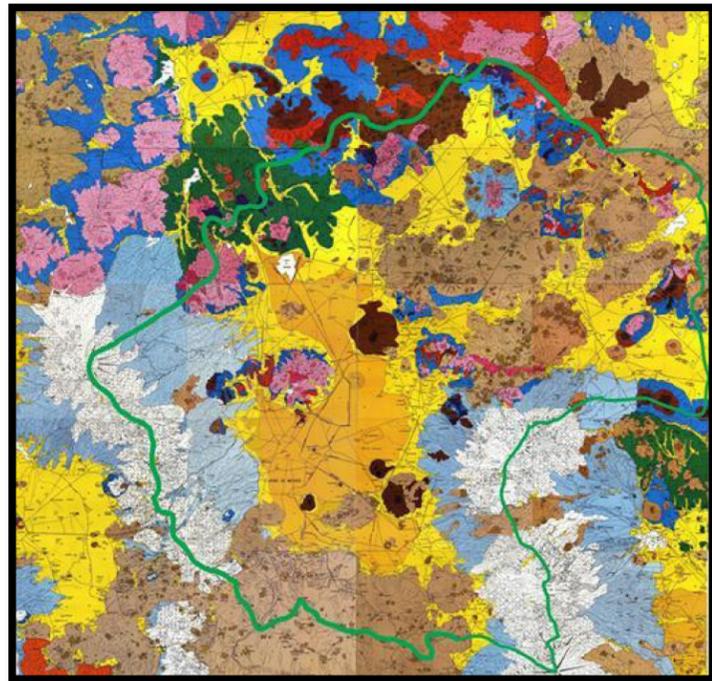


Figura 07 Geología de la Cuenca del Valle de México (Federico Mosser)

CUATERNARIO

La formación el pino está compuesta de rocas volcánicas máficas que forman cerros como La Estrella, El Pino, Chimalhuacán y otros aislados, además de los campos volcánicos Tezontepec-Otumba. Geomorfológicamente corresponden a conos cineríticos, volcanes escudo y amplias coladas de lava; además de tener secuencias piroclásticas típicas de un vulcanismo estromboliano, los derrames de lava son de andesita-basáltica de olivino (Velázquez Sánchez y R. Jaimes Palomera, 1989). Esta Formación cubre discordantemente a las unidades volcánicas del Oligoceno, Mioceno, Plioceno y a la Formación Llano Grande y cubierta sobre todo por las formaciones Chichinautzin y Telapón.

La formación Iztaccíhuatl está compuesta de secuencias efusivas, cuya composición varía de andesita basáltica dacítica; estas secuencias inician con derrames lávicos y finalizan con extrusiones dómicas ambos de composición andesítica de olivino y/o anfíbol (Velázquez Sánchez y R. Jaimes Palomera, 1989). Esta formación descansa discordantemente sobre las formaciones Llano Grande y Tláloc, mientras es cubierta por las formaciones Chichinautzin y Popocatepetl. Su edad isotópica sugiere que esta formación surgió dentro de un intervalo eruptivo entre los 0.6 y 0.08 Ma.

La formación Popocatepetl se refiere al volcán con el mismo nombre, éste volcán está compuesto por una alternancia de depósitos piroclásticos y lavas de composición andesítica de hiperstena y hornblenda (Macías, 2005).

Se reconoce la evolución de éste volcán en diversas etapas: la formación del volcán primitivo o volcán Nexpayantla mediante la emisión de derrames andesíticos, posteriormente una erupción ocurrida hace 200,000 años, produjo la formación de una caldera creando así una nueva fuente eruptiva, hasta que se formó el volcán El Fraile, destruyéndose éste último provocando una avalancha de escombros durante sus erupciones, seguida de una erupción pliniana dejando depósitos piroclásticos y pómez, por último después de éste evento comenzó la formación del nuevo cono llamado Popocatepetl (Macías, 2005).

La formación Chichinautzin se pretende aplicarle a éste nombre a aquellas unidades precursoras de un vulcanismo monogénico del tipo estromboliano con edades y características similares a las de la Cuenca de México. Esta formación se ha encontrado en varios pozos exploratorios como pozos para sondeos y sondeos geofísicos en la porción meridional de la Cuenca. Las lavas de esta unidad son extensas, masivas o lajadas y vesiculares (Velázquez Sánchez y R. Jaimes Palomera, 1989).

DEPÓSITOS ALUVIALES.

Estos depósitos forman llanuras aluviales al norte y al sur de la Cuenca, en la porción sur se encuentran extensamente distribuidos, rellenando amplios valles socavados de depósitos piroclásticos y clásticos del Plioceno (Tppc), así como depresiones tectónicas como el graben de Chalco (Velázquez Sánchez y R. Jaimes Palomera, 1989).



En las zonas norte y sur incluyen materiales no consolidados como grava, arena, limo y arcilla (Fries. 1960). En los pozos Roma-1 (74 a 330 m), Mixhiuca-1 (167 a 520 m) y Tulyehualco-1 (300 a 550 m), se perforo sobre conglomerados y brechas con intercalaciones de arcillas, tobas e incluso derrames de lava basálticos y andesíticos en el Pozo Mixhiuca-1 (Velázquez Sánchez y R. Jaimes Palomera, 1989).

Entre los 80 y 480 m en el pozo Texcoco-1 se perforaron arenas, limos y arcillas con interestratificación de tobas de grano fino y lapílicas, y en la base, se encontró marga y caliza lacustre con espesores de 40 a 60 m, (Velázquez Sánchez y R. Jaimes Palomera. 1989).

Probablemente debido a su edad cuaternaria estos depósitos se interdigitan con las formaciones volcánicas de la misma edad, además de poder ser concordantes e interdigitados con depósitos lacustres (Qla). Con base a la relación estratigráfica se propone una edad del Pleistoceno al Holoceno, lo cual puede coincidir con una serie de invertebrados encontrados en la zona norte de la zona.

DEPÓSITOS LACUSTRES

En esta unidad se agrupan los sedimentos clásticos y productos piroclásticos relacionados con la actividad volcánica del Popocatepetl y de la Sierra Chichinautzin, los cuales se depositaron en un ambiente lacustre, formando una gran planicie, sus espesores varían entre los 30 y los 300 m las mayores profundidades se localizan al centro de la Ciudad de México, en Texcoco y Chalco.

(Velázquez Sánchez y R. Jaimes Palomera. 1989), menciona que, con base a estudios realizados por diversos autores, estos describen arcillas bentoníticas y montmorilloníticas con carbonato de calcio, diatomeas y otros fósiles, además de ceniza y pómez, secuencias piroclásticas basálticas y andesitas de caída, etc.

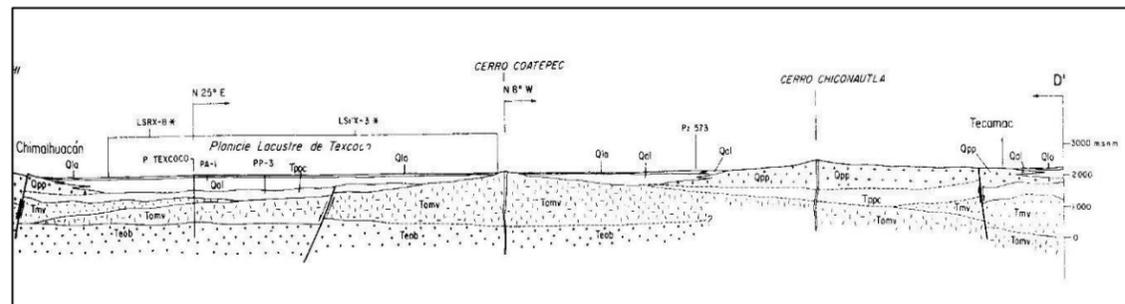


Figura 08. Sección geológica del área de estudio. (tomada de Velázquez Sánchez y R. Jaimes Palomera, 1989).

GEOLOGÍA LOCAL

El municipio de Atenco se encuentra dentro del acuífero Texcoco, a fin de conocer la estratigrafía del subsuelo del acuífero de Texcoco se han realizado diversos trabajos de geología, geofísica, hidrología, geotecnia, etc. Dentro del acuífero se encuentran pozos del ramal Peñón- Texcoco, de los cuales algunos cuentan con cortes litológicos obtenidos durante su perforación.

Los trabajos de geofísica realizados en diversas partes del acuífero Texcoco son principalmente sondeos eléctricos verticales (SEV'S) y sondeos geofísicos transitorios electromagnéticos (TEM's).

En la parte suroeste del municipio se realizó un trabajo de geofísica por los métodos (TEM'S Y SEV'S) por parte de Conagua, además de la información litológica de algunos pozos del ramal Peñón- Texcoco se obtuvo que la estratigrafía correspondiente a la zona del lago Nabor Carrillo obtenida por los perfiles de resistividad. (Figura 09).

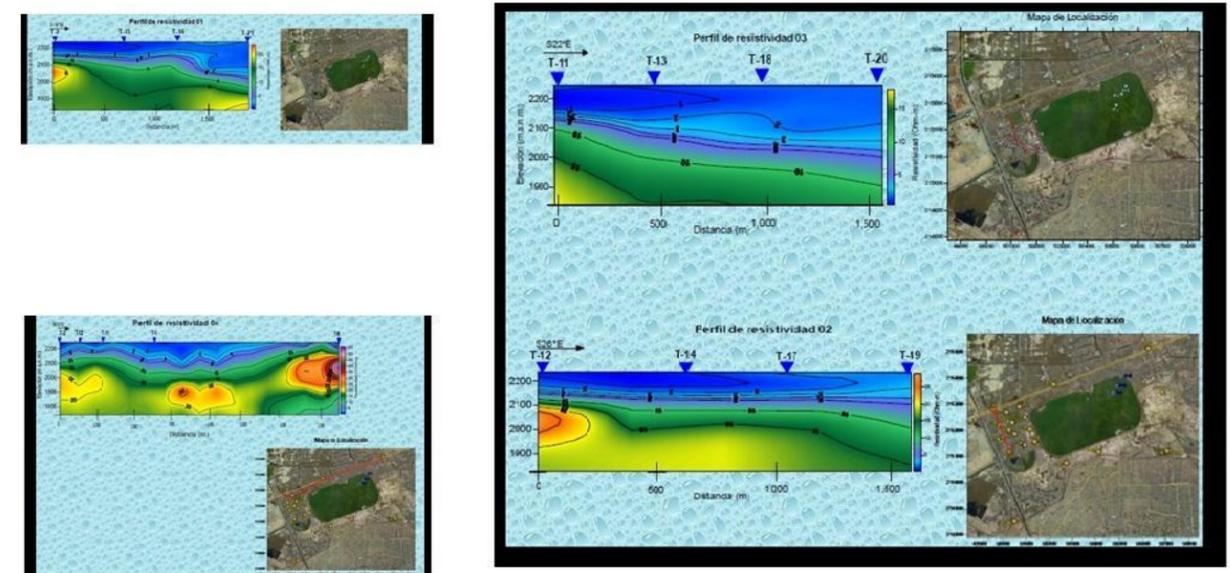


Figura 09. Ubicación de perfiles de resistividad (Conagua, 2011).

Se calibró la información litológica de los pozos con la de los estudios geofísicos y se realizaron varias secciones geológicas (Figura 10), de las cuales se puede observar catorce estratos de diferentes materiales, los lados oeste, sureste y noroeste del Lago Nabor Carrillo presentan mayor homogeneidad de los materiales, además de interpretar una secuencia de seis estratos de sedimentos finos alternados de arcilla, limo arena fina y caliza lacustre que se interdigitan con tobas, brecha y lavas, que lateralmente cambian a conglomerado. (Díaz et al, 1998).

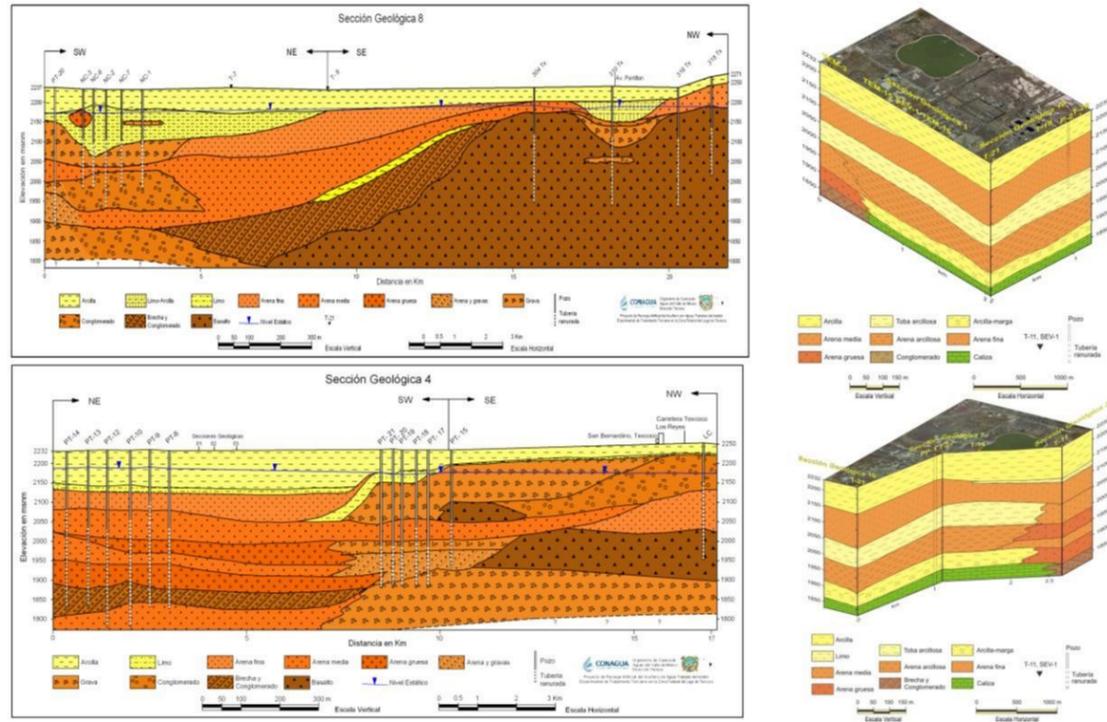


Figura 10. Secciones Geológicas (CONAGUA, 2011)

Dentro del caracol del ex lago de Texcoco, se realizaron tres pozos para conocer la estratigrafía del subsuelo aproximadamente en el centro del Lago; el primero de 1,500 m de profundidad y de 750 m los otros dos pozos, el PP-2, a 2,500 m en dirección NO del anterior y el PP-3 a un lado del camino Peñón - Texcoco y a 2,580 m al NE del PP-1. Como no se localizó el fondo basal a 1,500 m, se decidió seguir la perforación hasta la profundidad de 2,065 m sin llegar a la roca basal.

La columna atravesada en el PP-1 está constituida por: capas de arcilla, limos y arenas, de 0 a 180 m; y de 180 a 505 m, arcillas, lutitas, arcillas arenosas, arenas, areniscas y calizas lacustres de 505 a 1,437 m, tobas y rocas ígneas, brechas y conglomerados; de 1,437 a 1,980 m, tobas líticas, rocas ígneas y arenas; de 1,980 a 2,045 m, anhidritas arcillosas y margas; de 2,045 a 2,065 m arcillas margas y conglomerados calcáreos (Lessr y Asociados, S.A. de C.V. 1998).

Los registros eléctricos muestran acuíferos de gran espesor, se observa la presencia de trece derrames de roca ígnea, de potencias que varían entre 35 y 107.5 m, localizados el más superficial a 616 m y el más profundo a 1,957 m, y revelan una gran actividad volcánica. La capa de anhidrita entre 1,990 y 2,045 m, depositada originalmente como yeso y localizada debajo del último derrame de roca ígnea, sugiere una comunicación intermitente de esta área con el mar.

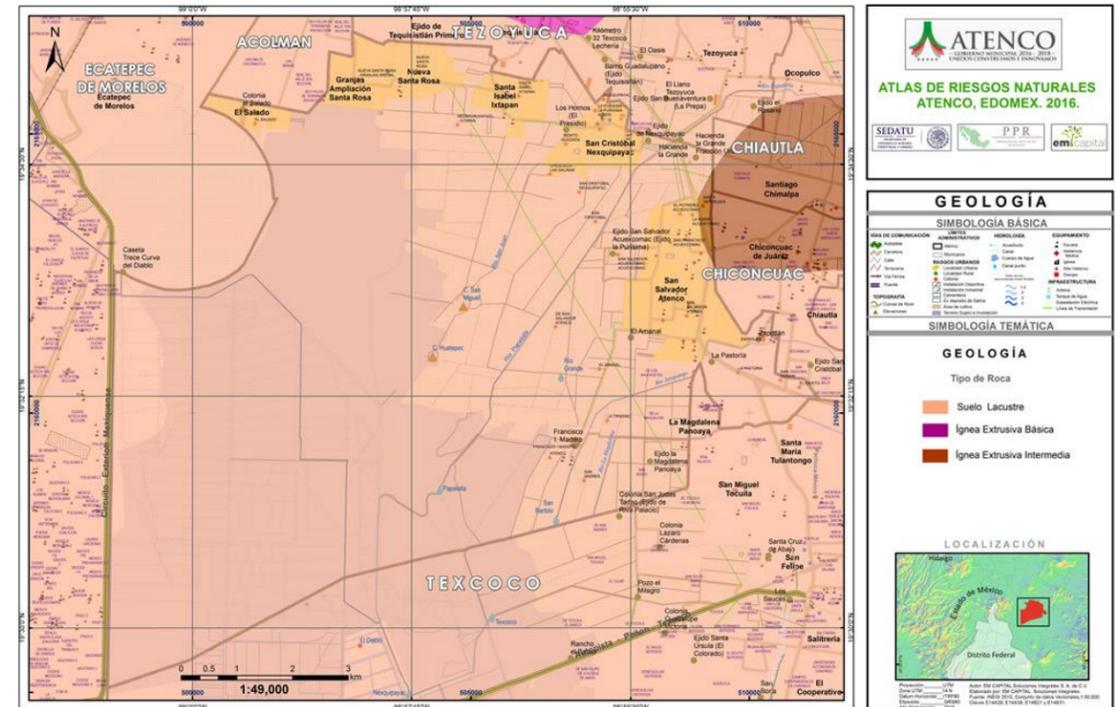


Figura 11. Mapa de Geología del Municipio de Atenco

Sierra de Guadalupe (Mioceno)

Sistema volcánico constituido, con una altitud de 3,000 metros sobre el nivel del mar, domos y elevaciones volcánicas independientes sobrepuestas del Mioceno, conformada de andesitas, traquiandesitas y dacitas sobrepuestas a las vulcanitas, los volcanes principales de la sierra son originados por erupciones explosivas, que culminaron con actividad extrusiva y efusiva tales como el volcán Guerrero, Zacatenco, Jaral, María Auxiliadora, Los Días, Tres Padres y Moctezuma y, otras elevaciones menores formadas por la actividad extrusiva como los domos Gordo, Chiquihuite, Tenayo, Tepeyac, entre otros, con fallamiento de tipo normal.

Las Promesas-Chiautla (Neógeno)

Estructura de tipo volcánico extrusiva, constituido por derrames de lavas fracturados, material piroclástico intercalado, ceniza de composición andesítico-basáltica a dacítica del Plioceno del Terciario Superior al Pleistoceno del Cuaternario Inferior, con fallamiento de tipo normal que cortan a las formaciones volcánicas del Mioceno, Plioceno y Cuaternario, se infieren otras fallas normales sepultados alineados por conos cineríticos monogenéticos.



Depósito Aluvial (Pleistoceno)

Son los sedimentos depositados por los lagos dispuestas horizontalmente sobre la cuenca en las zonas de abanico en la de pie de monte de las zonas altas o sistemas volcánicos de la cuenca, entre los materiales que los conforman son fragmentos de roca de lava, material piroclástico de composición muy variable, debido a la forma en cómo se depositaron los clastos.

Depósito Lacustre (Pleistoceno-Holoceno)

En las partes más bajas, entre las sierras y principalmente en la región central de la cuenca, se depositaron sedimentos lacustres someros, constituidos por ceniza volcánica con intercalaciones de pómez, arenas finas y limos, con espesor variable. Entre estos depósitos se encuentran intercalados estratos de origen aluvial, o bien, se encuentran en contacto con las formaciones de las zonas altas.

Tabla 10. Unidades Geológicas presentes en el Municipio de Atenco.

TIPO DE ROCA	EXTENSIÓN	%
Suelo Lacustre	87.310223	99.68
Ígnea Extrusiva Intermedia	0.272606	0.32
	87.58	100

Fuente: EM Capital S.A. de C.V. Con datos de INEGI

Fallamiento del municipio

Una falla hace referencia a la ruptura y separación de la corteza terrestre, así como de la corteza oceánica a lo largo de la cual, se mueven los bloques rocosos, originada por las fuerzas tectónicas que logran superar la resistencia de las rocas, en el que este movimiento es responsable de un desplazamiento vertical, horizontal o mixto. Para el Municipio de Atenco este fenómeno no representa un riesgo, puesto que dentro de los límites del municipio no se localizan fallas geológicas.

Los fallamientos de mayor importancia para el estado de México desde el punto de vista estructural son los que se ubican en el Valle de Toluca y Acambay.

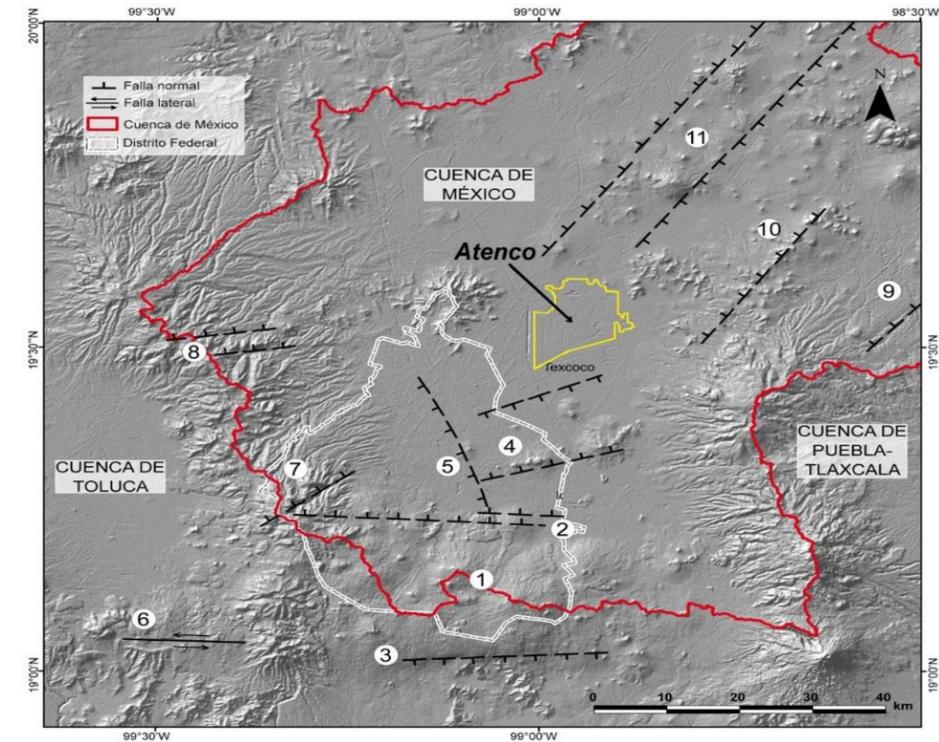


Figura 12. Principales fallas geológicas de la Cuenca de México: (1) Pilar (horst) de Chichinautzin (Siebe et al., 2004b), (2) Sistema de fallas de Xochimilco y Xicomulco (García-Palomo et al., 2008), (3) sistema de Fallas de la Pera (Delgado-Granados et al., 1995; Alaniz-Álvarez y Nieto-Samaniego, 2005), (4) Graben de Santa Catarina (Arce et al., 2013) (5) Falla Mixhuca (Pérez-Cruz, 1988), (6) Sistema de Fallas Tenango (Norini et al., 2006), (7) Falla Contreras (Arce et al., 2015), (8) Sistema de Fallas de Ixtlahuaca y Otomí (García-Palomo et al., 2008), (9) Segmento sur del Sistema de Fallas Apan-Tlálloc, (10) Falla Texcoco y 11) Sistema de fallas Tizayuca (García-Palomo et al., 2002b). (Tomado de González-Torres et al., 2015).

3.4 Edafología.

A través de los procesos naturales geológicos, así como biológicos y químicos de la roca y materia orgánica, en el municipio de Atenco, existen tres tipos de edafología:

La mayor parte del municipio (toda la parte sur y occidental) se encuentra cubierta por suelos Solanchak de diferentes subunidades, predominando los suelos Solanchak Gleyco (del ruso sol: sal) y (Grey:pantano) esto es, son suelos salinos, propensos a acumular el salitre y se caracterizan además por tener un alto contenido de sales y su vegetación está formada por pastizales o por algunas plantas que toleran el exceso de sal; también en el municipio existen suelos vertisoles (del latín yerto - volterrar): Suelo que se revuelve. Se caracterizan por las grietas anchas y profundas que aparecen en ellos en la época de la



sequía, son suelos pegajosos cuando están húmedos y muy duros, cuando están secos. El tipo vertisol pélico es el que cubre Acuecomac y Atenco, donde se practica la agricultura de temporal.

Otro tipo de suelo que se localiza en el municipio es el Cambisol eútrico (del latín cambiare-cambiar) y (del griego en eútrico). Se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa que parece más suelo de roca ya que en ella se forman terrones, además pueden presentar acumulaciones de algunos materiales como arcilla, carbonato de calcio, fierro, manganeso, etc., pero sin que sea esta una acumulación muy abundante.

Estos suelos los encontraremos asociados en el suelo Feozem (del griego Phaeo - pardo y del zuro semija-tierra) tierra parda, en los poblados de Nexquipayac y Santa Isabel Iztapan y son utilizadas en la agricultura de temporal.

Tabla 11. Edafología del municipio de Atenco.

PORCENTAJE DE LA EDAFOLOGÍA DEL MUNICIPIO DE ATENCO			
TIPO DE EDAFOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	EXTENSIÓN	PORCENTAJE DE TERRITORIO (%)
Solonchak	Suelo salino.	45.86	52.3
Vertisol	Suelos de clima templado con alto contenido de arcilla.	41.68	47.3
Feozem	Suelo rico en nutrientes y en materia orgánica.	0.0300	0.4
		87.58	100

Fuente: EM Capital S.A. de C.V. Con datos de INEGI

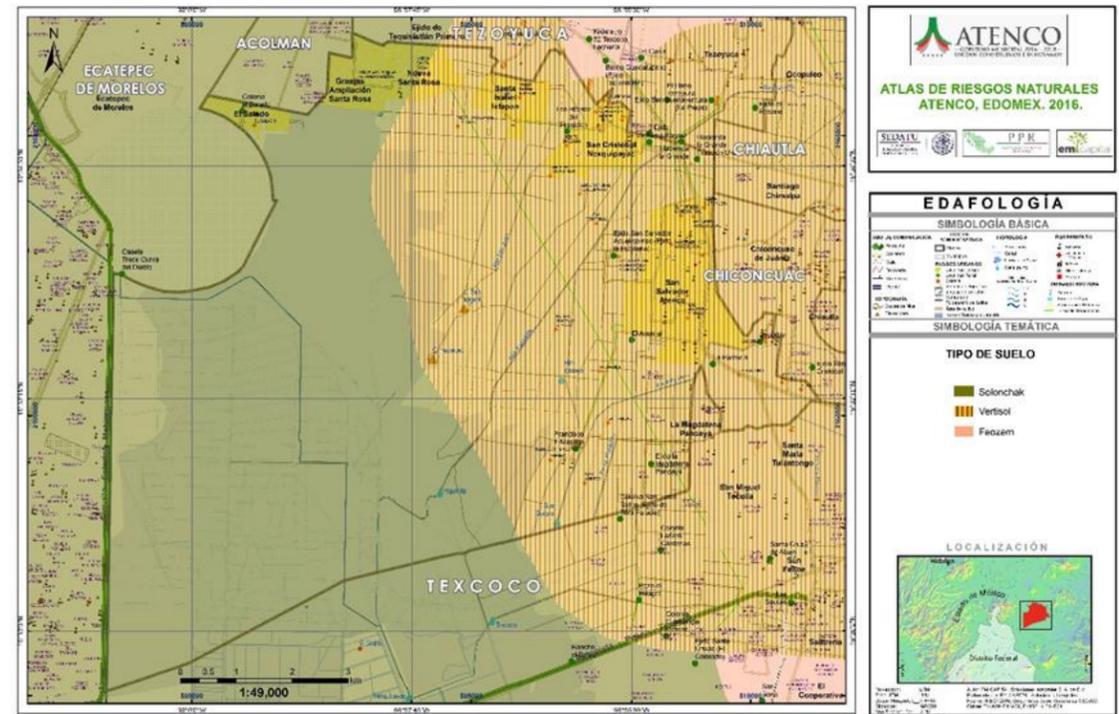


Figura 13. Edafología del municipio de Atenco.

3.5 Hidrología.

Los ríos que desembocan en el municipio son: San Juan, que nace en Teotihuacán, cruza los municipios de Acolman y Tezoyuca, llega a Nexquipayac, formando una delta en el occidente de Atenco; otro río que desemboca en nuestro territorio es el Xalapango que nace en San Miguel Tlaixpan y San Juan Tezontla, cruza Chiauhtla y antes de desembocar en el suroeste de Atenco se junta con el Coxacoaco.

Finalmente, otro río que llega a la comunidad es el Papalotla que nace en San Lucas Tepango, Teotihuacán, pasa por los pueblos de San Mateo Chipiltepec del municipio de Acolman; Jolalpan del municipio de Tepetlaoxtoc, Atenguillo, Tepetitlán de Chiauhtla y a la altura de Papalotla se junta con el río Hondo y antes de desembocar en Atenco a la altura de Acuecomac nace una división que da lugar al río San Bartolo.

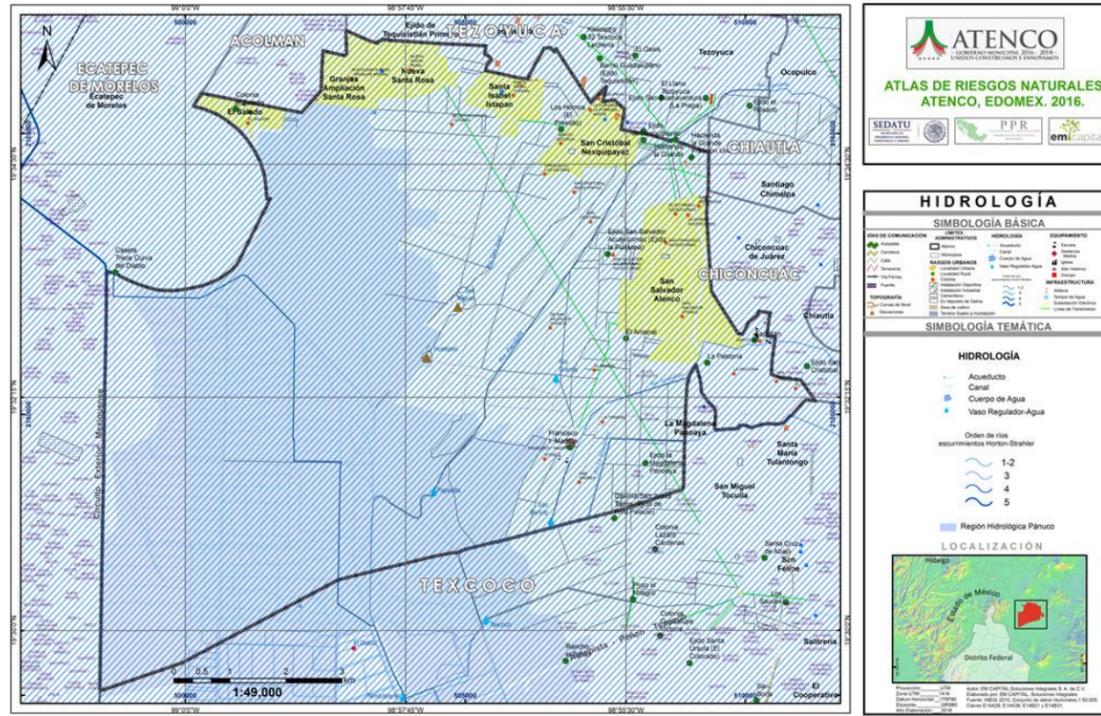


Figura 14 Hidrografía del municipio de Atenco.

3.6 Cuencas y Sub-cuencas.

El Municipio se encuentra ubicado en la región hidrológica del Río Pánuco que cubre la parte norte y oriente del Estado de México, al interior de la Subcuenca del Lago de Texcoco. Esta región abarca 902,628 ha que equivalen al 40% del territorio estatal. Su importancia radica en su dependencia de la industria del centro del país. En ella se vierte el 26% del total del agua almacenada, la cual se destina principalmente para el riego. Por el municipio atraviesan tres afluentes: el Papalotla, el Coxcacuaco y el Xalapango los cuales Son utilizados para verte las aguas negras del municipio, razón por la cual ha sido deshabilitados Del uso agrícola.

El municipio de Atenco pertenece a la Región Hidrológica RH26Dp: Región RH26 Pánuco, Cuenca D Río Moctezuma, Subcuenca p Lago de Texcoco – Zumpango, la cual representa la zona lacustre más importante de México y parte importante de la vertiente oriental. El río forma parte del curso alto del río Pánuco: la fuente más lejana del Moctezuma es el río Tepeji o San Jerónimo, que nace en el cerro de La Bufa, en el estado de México, a una altura de unos 3.800 m; luego el río pasa a llamarse río Tula, hasta su confluencia con el Río San Juan (Querétaro) San Juan, momento en el que pasa a llamarse río Moctezuma. Finalmente, al confluir el Moctezuma con el río Tampaón. Dentro de dicha cuenca se ubica la subcuenca

conocida como “Lago de Texcoco y Zumpango” con número de registro RH26Dp, la cual tiene una extensión de 4,861.64 km₂

Tabla 12. Datos de la cuenca y subcuenca donde se encuentra el municipio de Atenco

Claves y nombres	Datos
Clave de región hidrológica	RH26
Clave de subcuenca compuesta	RH26Dp
Nombre de región hidrográfica	Panuco
Clave de Cuenca	D
Nombre de Cuenca	Río Moctezuma
Clave de subcuenca	p
Nombre de subcuenca	Texcoco y Zumpango
Tipo de subcuenca	Exorreica
Área de la subcuenca	4,861.64 km ₂

Fuente. EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V.

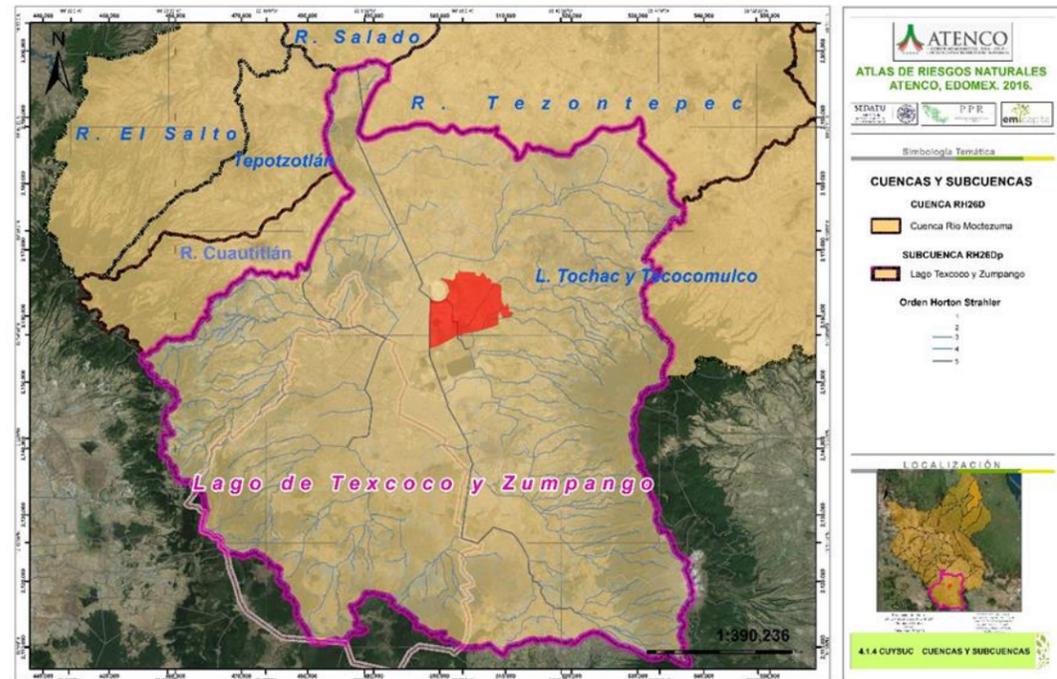


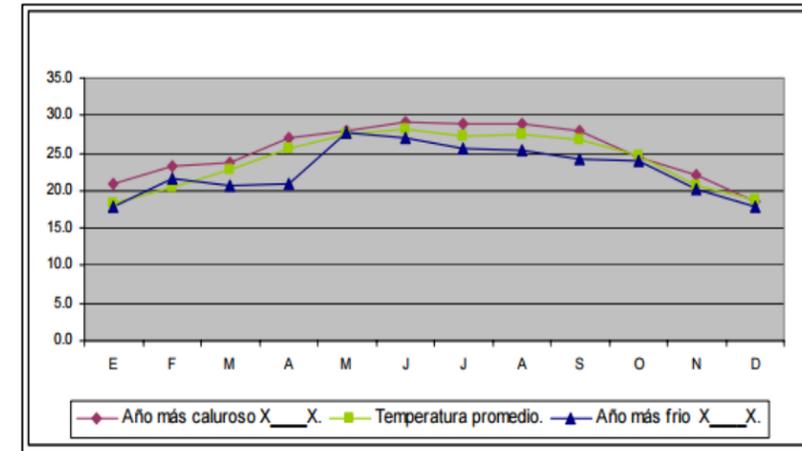
Figura 15 Cuencas y Subcuencas hidrográficas

3.7 Clima.

El clima que predomina en el Municipio de Atenco Estado de México es el Seco templado, abarcando más de 85% del territorio, el restante 15% presenta un clima templado subhúmedo en la porción colindante con los Municipio de Chiconcuac, Chautla y la porción sureste de Tezoyuca. Con una temperatura promedio de 15.1°C, una máxima extrema de 33.5°C y una mínima de 11.0°C.

La precipitación pluvial máxima durante esos 64 años fue de 256.2 milímetros, en el mes de agosto y la mínima fue de 2 milímetros, en el mes de febrero.

TIPO DE CLIMA	EXTENSIÓN	%
C (w0) (w)Templado Subhúmedo	7.33	8.38
BS Kw Seco Templado	80.24	91.62
	87.58	100



Grafica 01. Oscilación de la Temperatura en el municipio de Atenco. Fuente. Monografía Municipal de Atenco

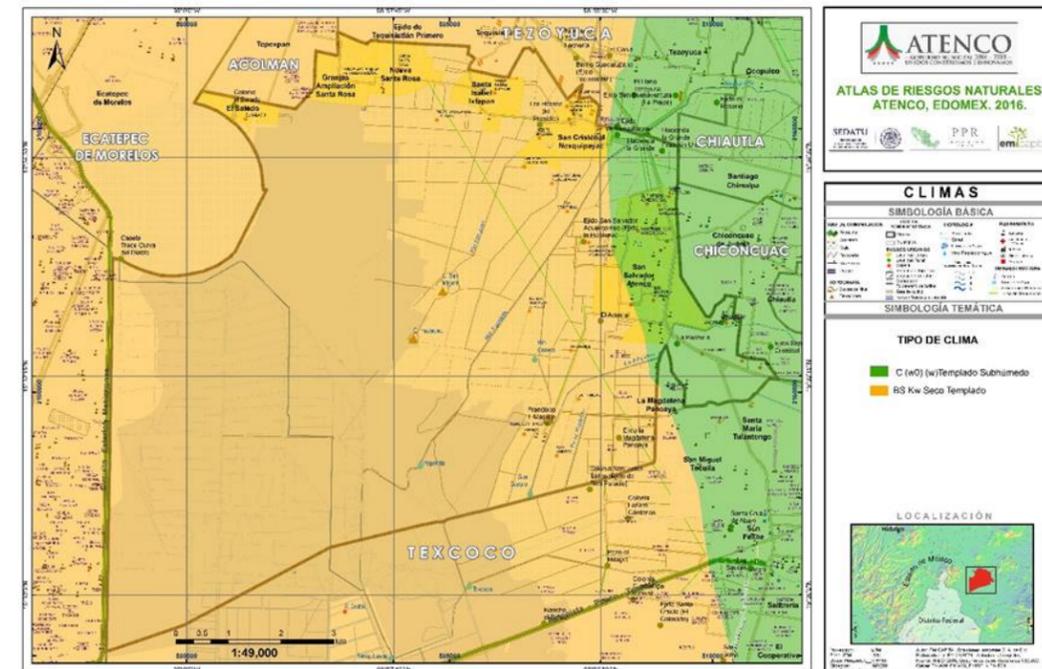


Figura 16 Climas presentes en el municipio de Atenco

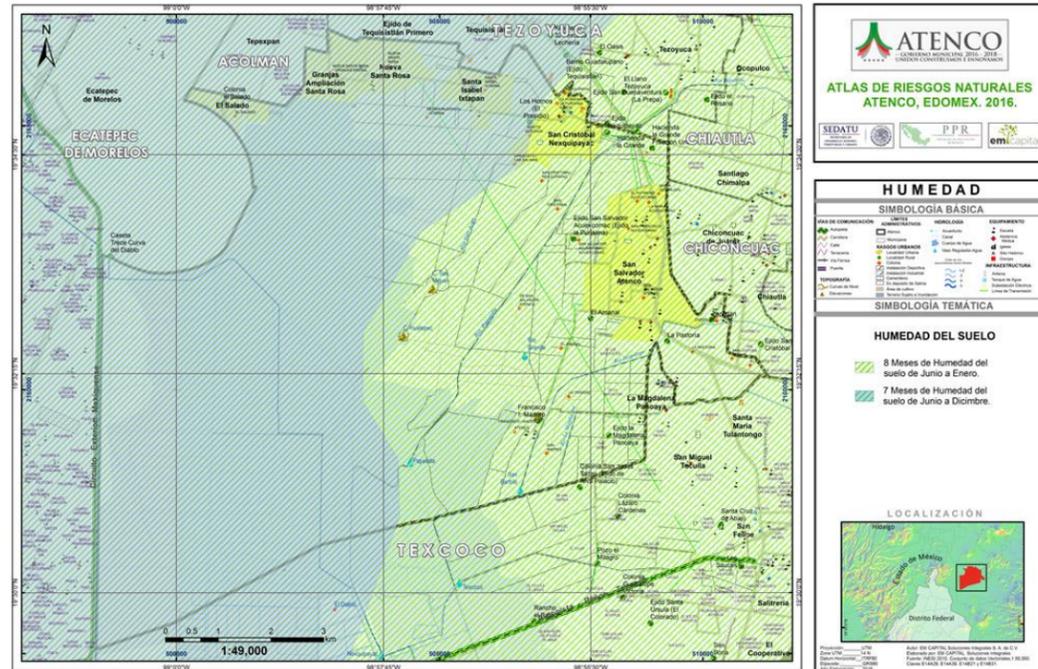


Figura 17 Humedad presente en el municipio de Atenco

3.8 Uso de suelo y vegetación

El uso del suelo en el municipio se caracteriza por la presencia de una importante superficie destinada al uso agrícola (poco más de una tercera parte de la superficie total del municipio) que comprende áreas de temporal y de riego.

Es importante señalar que Atenco es uno de los municipios metropolitanos con mayor potencial agrícola, aunque las tierras de riego han disminuido considerablemente en los últimos años, debido primordialmente al agotamiento de los mantos freáticos.

El uso del suelo para fines urbanos ha crecido sustancialmente en los últimos quince años, pasando del 5% de la superficie total del municipio a casi una tercera parte del territorio. El uso pecuario por su parte no es muy significativo, comprende apenas poco más del 1% del suelo municipal, el mismo caso se refleja en el uso forestal que no representa ni siquiera el 1% del territorio. El complemento de la superficie del municipio se compone de zonas salinas, caracterizadas por áreas sin vegetación aparente o erosionada y cuerpos de agua intermitentes.

De lo anterior mencionado las cifras exactas se presentan de la siguiente manera:

Tabla 13. Uso de suelo y vegetación del municipio de Atenco.

TIPO DE COBERTURA	EXTENSIÓN	%
Agricultura de Riego Anual y Permanente	34.62	39.5
Agricultura de Riesgo Semipermanente	0.169	0.2
Pastizal Halófilo	18.25	20.8
Tular	0.933	1.1
Vegetación Halófila Hidrófila	4.64	5.3
Área sin Vegetación Aparente	27.1	30.9
Asentamientos Humanos	1.84	2.1
	87.56	100.0

Fuente: EM Capital S.A. de C.V. Con datos de INEGI

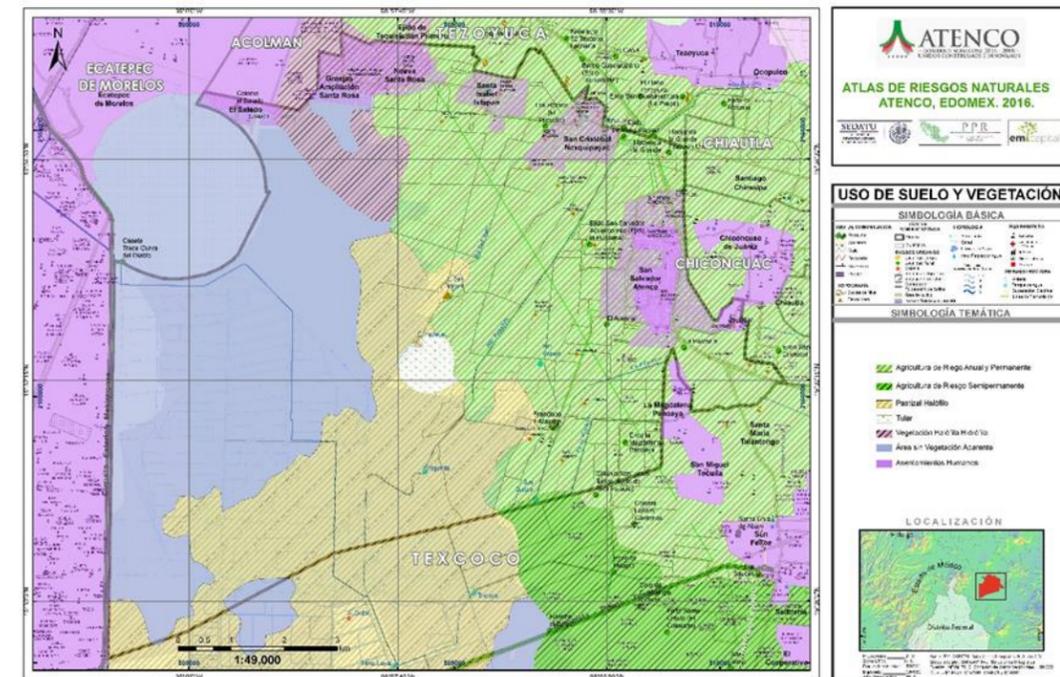


Figura 18 Uso de suelo y vegetación del municipio de Atenco.



3.9 Áreas Naturales Protegidas

En el municipio de Atenco, no se tiene registrado ningún sitio con las especificaciones de Área natural Protegida.

IV. Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos

Con base en los datos del Plan Municipal de Desarrollo se ha identificado que el Índice de Desarrollo Humano de Atenco, con base en el último registro, del 2010, se encuentra en un rango superior al presentado a nivel estatal y nacional por lo que se puede catalogar como alto, este hecho nos permitiría *generar mejores condiciones de vida de la población en cuanto a la prestación de servicios públicos y de infraestructura de salud, educación, comunicaciones, así como de seguridad ciudadana.*

4.1 Dinámica demográfica.

El municipio de Atenco cuenta con una población de 62 mil 392 habitantes, que representa 0.39% del total nacional; al comparar esta cifra respecto al Censo de Población y Vivienda 2000, el incremento es de 27 mil 957 habitantes.

Al año 2015, la distribución poblacional es de 30 mil 141 hombres y 32 mil 251 mujeres; hay una relación de 101.35 mujeres por cada 100 hombres que habitan en el municipio.

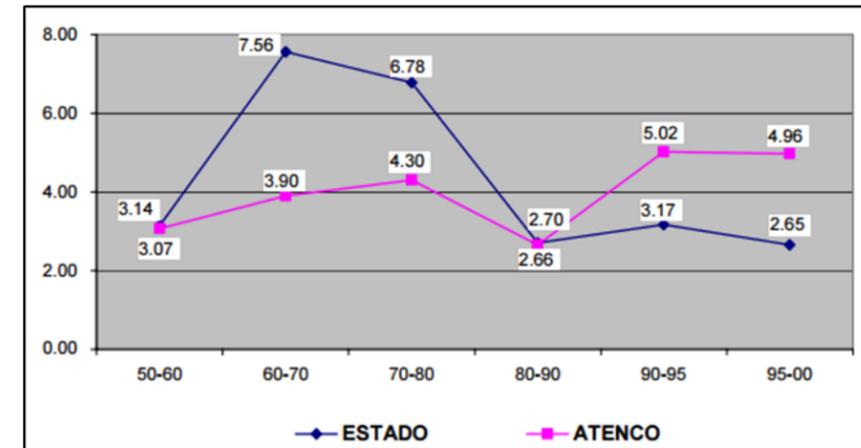
Estos datos evidencian que el municipio ha presentado un crecimiento poblacional dinámico, que ha dado como resultado que la población se haya incrementado en un 224.36% en un período de treinta años.

Este incremento representó en términos absolutos 23,819 nuevos habitantes para el año 2010, cuya principal consecuencia ha sido el incremento en las necesidades básicas de la población. El municipio de Atenco presentaba un crecimiento resultado del desdoblamiento natural y la migración.

Para 1970 tenía 10,616 habitantes, para el período de 1960 a 1970, el municipio presentó una TCMA (tasa de crecimiento medio anual) de 3.90%, es decir pasó de los 7,341 a 10,616 habitantes. Para el año 2010 el municipio registró una TCMA del 4.96% donde llegó a una población de 34,435 habitantes.

Esta situación se dio como reflejo de la gran expansión de la mancha urbana de la Ciudad de México y de la importancia regional y estratégica del municipio de Atenco; cabe destacar que este crecimiento es considerablemente superior al del Estado de México que se expresa en el mismo período en un 2.65%.

Grafica 02. Tasa de crecimiento intercensal.



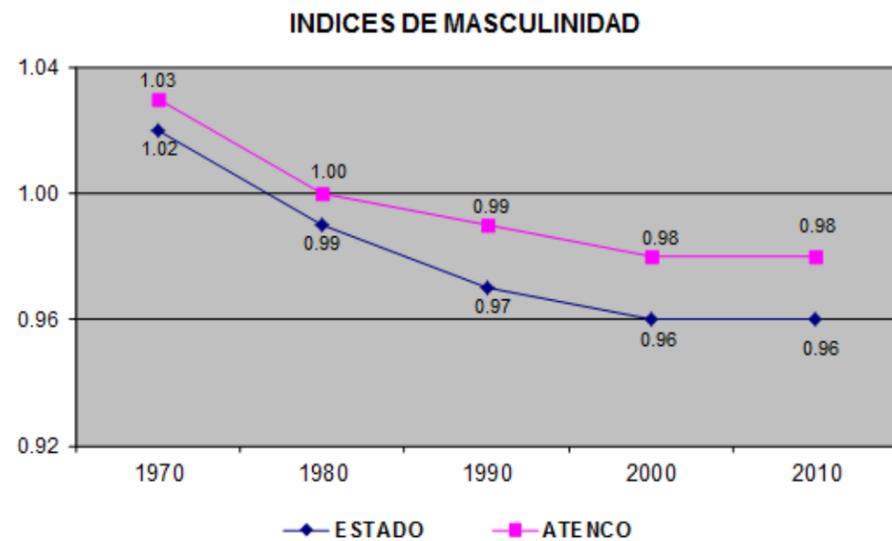
Fuente. Censo general de población y vivienda 2010.



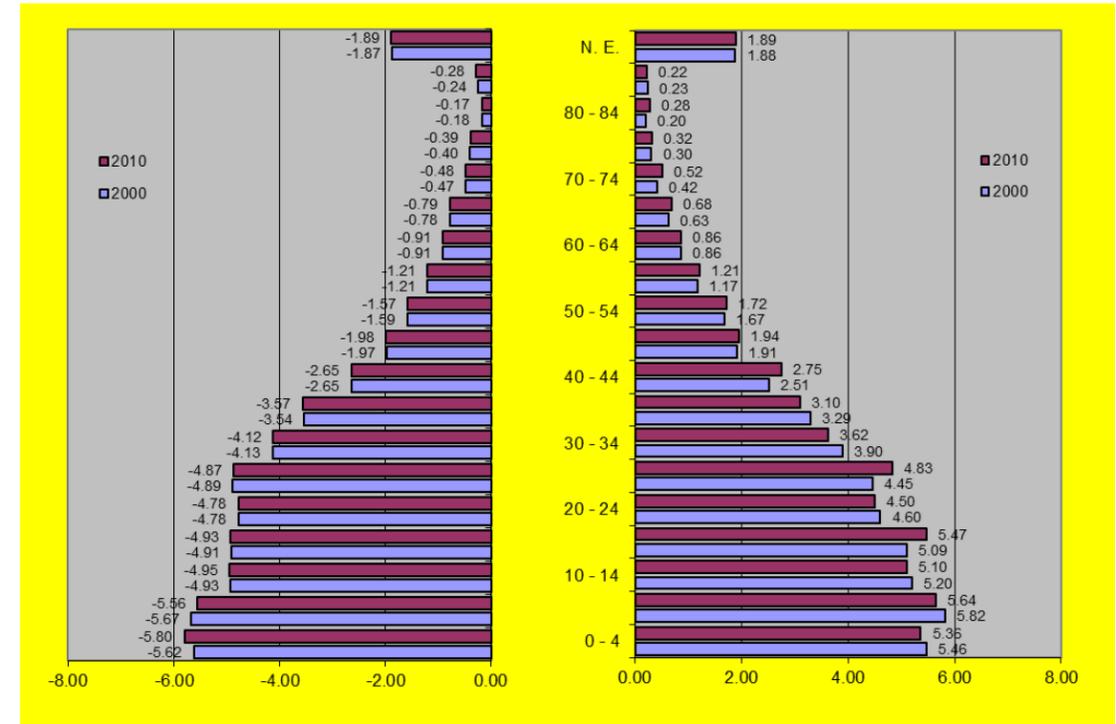
Grafica 03. Comparación población municipio de Atenco y Estado de México. Fuente: INEGI, XII Censo General de Población y Vivienda. 2010.



Referente al índice de masculinidad de 1970 al año 2010 la relación de hombres por cada mujer dentro del municipio ha marchado a la par con el índice del Estado de México, ya que del 101.54 y 103.41 que se presentó en 1970 respectivamente, se pasó a un 95.78 y 98.47 respectivamente.



Grafica 04. Comparación de hombres y Mujeres en el municipio Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de PMDU Atenco e INEGI.



Grafica 05. Estructura poblacional del municipio 2000-2010. Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de PMDU Atenco e INEGI.

En el año 2010, la composición de la población por edad y sexo muestra una importante concentración de población infantil (considerándola como a los habitantes entre 0 y 14 años) que comprende un tercio de la población total, lo cual plantea como condición asegurar la prestación de los servicios de educación y de salud, así como dotar de instalaciones recreativas, deportivas y culturales suficientes para satisfacer las necesidades requeridas.

En el año 2010 el rango de población que presentó el mayor porcentaje en el municipio era el correspondiente entre los 15 y 64 años de edad, con un 60% del total, situación que es un poco menor al porcentaje del Estado que se ubica en los 59%, la población que se ubicaba entre los 0 y 14 años es muy similar al que se presenta en la entidad federativa 31 %, por último, los habitantes mayores a los 65 años representaron el 4%, mientras que el porcentaje en el Estado fue del 3.60%.

El municipio de Atenco a través de su historia ha tenido un crecimiento demográfico constante.

De 1950 al año 2010 el incremento poblacional es de 50 mil 819 habitantes y su tasa de crecimiento en el período 2000-2010 es de 4.86.



El comportamiento poblacional que presento el municipio de Atenco, para el año 2015, reporto una población total de 62 mil 392 habitantes de los cuales 30 mil 141 son del sexo masculino (48.30%) y 32 mil 251 del sexo femenino (51.70%), el índice de masculinidad (IM) es de 93%, con base en cuatro grandes grupos de edad:

De 0 a 4 años de edad: La población dentro de este rango, es de 5 mil 391 habitantes, de los cuales 2 mil 681 son niños y 2 mil 710 niñas, representa el 8.64% del total de la población.

De 5 a 14 años de edad: La población dentro de este rango de edad, es de 12 mil 224 habitantes, de los cuales 5 mil 955 son adolescentes hombres y 6 mil 269 son mujeres, esta categoría representa el 19.59% del total de atenquenses y el índice de masculinidad es de 95 existe una relación de 95.71 mujeres por cada 100 hombres.

De 15 a 64 años de edad: La mayor parte de la población del municipio se encuentra en este rango de edad, 41 mil 562 habitantes y representa 66.61%, de los cuales 19 mil 950 (48%) son hombres y 21 mil 612 (52%) mujeres. Su IM es de 92.

De 65 y más años de edad: La población de la tercera edad al año 2015, asciende a 3 mil 191 habitantes, la población masculina es de unas mil 543 habitantes, y la femenina, de un mil 648, este rubro representa el 5.11% del total de los habitantes de Atenco y su índice de masculinidad es de 94%, existe una relación de 94 hombres por cada 100 mujeres.

Tabla 14. Distribución de la población por grupos quinquenales y genero 2015

Grupos quinquenales de edad	Población total	Hombres	Mujeres
00-04 años	5,391	2,681	2,710
05-09 años	6,148	3,066	3,082
10-14 años	6,076	2,889	3,187
15-19 años	6,259	3,138	3,121
20-24 años	5,952	2,943	3,009
25-29 años	4,731	2,346	2,385
30-34 años	4,574	2,164	2,410
35-39 años	4,478	2,026	2,452
40-44 años	4,862	2,222	2,640
45-49 años	3,617	1,759	1,858
50-54 años	3,035	1,417	1,618
55-59 años	2,381	1,212	1,169
60 años y mas	4,888	2,278	2,610

Fuente: EM Capital S.A. de C.V. Con datos de INEGI

4.1.1 Análisis comparativo (valores absoluto y porcentajes) de la población de la entidad con respecto al Municipio y análisis de zona metropolitana.

En México existe un total 112,336,538 de habitantes; en el estado de México habitan 16,187 608 personas, de las cuales en el municipio de Atenco habitan un total de 62,392 personas, lo que representa el 0.06% a nivel nacional y el 0.3825 a nivel estatal, de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2015 del NEGI, de los cuales el 49.7 % son hombres (en cifras corresponde a 27,933) y el 50.3 % corresponde a población femenina (es decir 28,310).

Tabla 15. Análisis comparativo de la población municipal respecto al país y al estado

POBLACION TOTAL			
ESCALA	MILLONES DE HABITANTES	% RESPECTO AL NACIONAL	% RESPECTO AL ESTATAL
NACIONAL	112,336,538	100	0
ESTATAL	16,187,608	14.41	100
MUNICIPAL	62,392	0.06	0.385

Fuente: EM Capital S.A. de C.V. Con datos de INEGI.

Territorialmente el municipio cuenta con una superficie territorial de 87.58 km² que a nivel nacional apenas representan el 0.00445 % del territorio nacional y el 0.42% del territorio estatal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 16. Análisis comparativo de la extensión territorial del Municipio respecto al país y al estado.

EXTENSION TERRITORIAL			
ESCALA	MILLONES DE HABITANTES	% RESPECTO AL NACIONAL	% RESPECTO AL ESTATAL
NACIONAL	1,973,000	100	0
ESTATAL	22,351	1.13	100
MUNICIPAL	87.58	0.00445	0.42

Fuente: EM Capital S.A. de C.V. Con datos de INEGI



Año	Total		Hombres		Mujeres	
	Edo Méx	Atenco	Edo Méx	Atenco	Edo Méx	Atenco
2015	16 870 388	67 688	8 241 001	33 611	8 629 387	34 077
2020	18 075 065	74 056	8 834 764	36 727	9 240 300	37 329
2025	19 178 922	79 292	9 376 773	39 275	9 802 149	40 017
2030	20 167 433	83 897	9 860 611	41 503	10 306 822	42 394

Fuente: IOECEM. Dirección de Estadística elaborado con información del CONAPO. Proyecciones de la Población del estado de México, 2010-2030.

Grafica 06. Estimación de la población total según sexo. Estado de México-Atenco 2015,2020,2025,2030

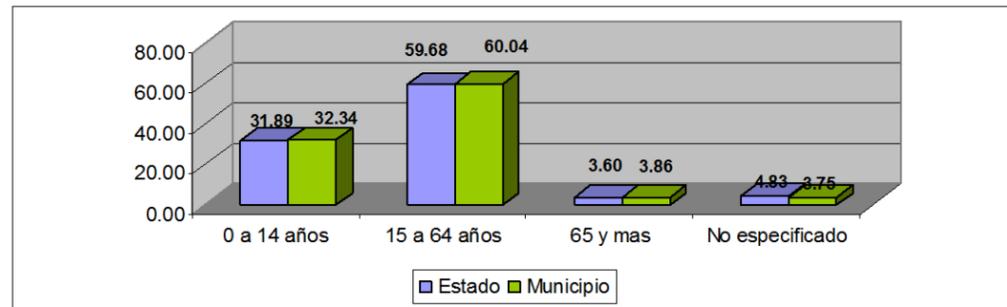
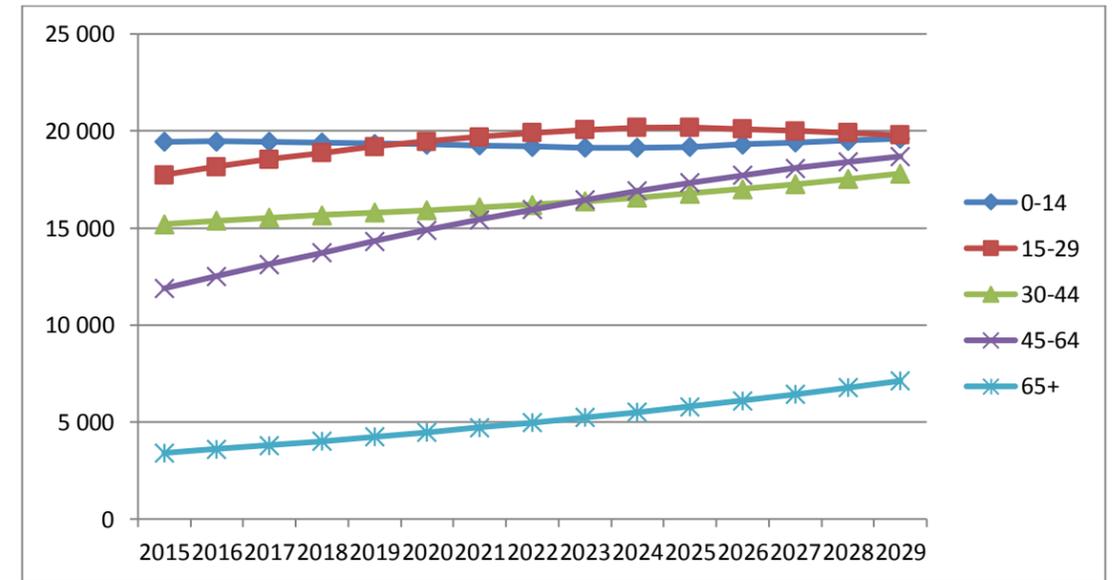


Figura 24. Comparación población por grandes grupos de edad Estado de México – Municipio Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de PMDU Atenco en INEGI.

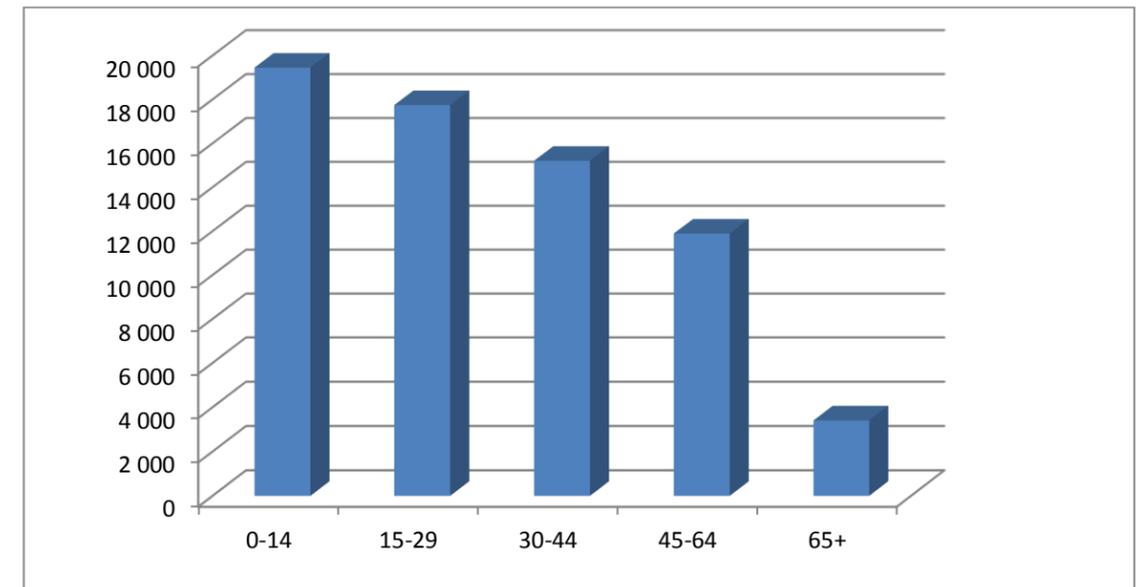
4.1.2 Proyección al 2010-2030 (por Municipio y localidad según CONAPO)

En el Estado de México se prevé que la población continúe aumentando en las décadas futuras, alcanzará en 2020 un número de 18,075,065 personas con una tasa de crecimiento de 1.63 por ciento anual; en 2030 llegará a 20,167,433 habitantes con un ritmo de crecimiento menor, 1.29 por ciento anual.

Se puede apreciar en las figuras 4.1.2.1. y 4.1.2.2. que la estructura por edad y sexo aún mostrará una estructura piramidal con base amplia, pero irá acumulando una mayor proporción de población en edades adultas y avanzadas. Este comportamiento estará asociado a que el descenso de nacimientos será significativo.



Grafica 07. Estimación del crecimiento poblacional por grupos quinquenales (CONAPO). Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de CONAPO e INEGI.



Grafica 08. Estimación del crecimiento poblacional por grupos quinquenales (CONAPO). Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de CONAPO e INEGI.



La entidad tendrá una reducción de la natalidad, por ende, de la población joven futura, siendo que las personas menores de 15 años pasarán de 28.5 por ciento en 2015 a 25.8 en 2020 y a 23.4 en 2030. Asimismo, la entidad contará con un porcentaje importante de personas en edad productiva (15 a 64 años) que durante el periodo seguirá en aumento, pasará de 66.1 por ciento en 2015 a 67.9 en 2020 y a 67.5 en 2030. Por último, a consecuencia de la disminución de la mortalidad, traducida en una mayor esperanza de vida para la población de la entidad, se espera que el grupo de 65 y más años de edad, en los próximos dos decenios, comience a tener mayor peso relativo, en 2020 se prevé que represente el 5.9 por ciento del total y en 2030 el 8.8 por ciento.

Tabla 18. Estimación del crecimiento poblacional por grupos quinquenales (CONAPO)

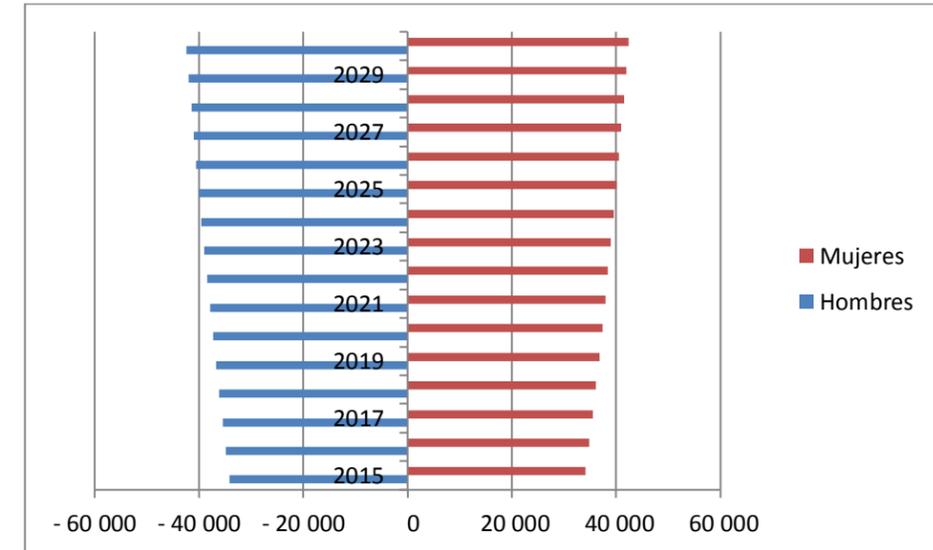
Grupos de edad	2015			2030		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
0-14	19 448	10 047	9 401	19 679	10 092	9 588
15-29	17 741	8 930	8 812	19 685	10 101	9 584
30-44	15 204	7 247	7 957	18 093	8 905	9 188
45-64	11 890	5 779	6 110	18 946	8 932	10 014
65 años y más	3 404	1 608	1 796	7 493	3 473	4 020

Fuente: EM Capital S.A. de C.V. Con datos de INEGI

De acuerdo con estimaciones de la CONAPO, la población en el municipio de Atenco crecerá según estimaciones, de la siguiente forma:

Tabla 19. Estimación del crecimiento poblacional por género (CONAPO)

Municipio	Sexo	Grupos de Edad	Habitantes 2030
Atenco	Ambos	0-14	231
		15-29	1 944
		30-44	2 889
		45-64	7 057
		65+	4 089



Grafica 09. Pirámide de la estimación del crecimiento poblacional por género (CONAPO). Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de CONAPO e INEGI.

Se observa una disminución en la base piramidal del grupo quinquenal de 0 a 4 años; la población de 15 a 59 años es la de mayor proporción en el municipio, derivado de la inercia demográfica existente. El proceso de envejecimiento continúa, con un aumento en términos absolutos y relativos de la población de 60 años y más. La edad mediana del municipio es de 25 años, está un año por debajo de la del Estado de México.

Proyección por localidad

En 2015 la población del municipio de Atenco es de 67 688 y se espera al 2030 aumente a 83 897 habitantes, asimismo, para la localidad de San Salvador Atenco (cabecera municipal) al 2015 son 17 124 habitantes y para el año 2030 se espera sea de 19 448.

La dinámica demográfica de cada localidad es muy variada ya que se espera que algunas de estas asciendan o descendan su población, de continuar de esta manera se estima al año 2030 que este municipio cuente con 6 localidades con categoría urbana, estas serían: San Salvador Atenco, San Cristóbal Nexquipayac, Granjas Ampliación Santa Rosa, La Pastoría y Nueva Santa Rosa.

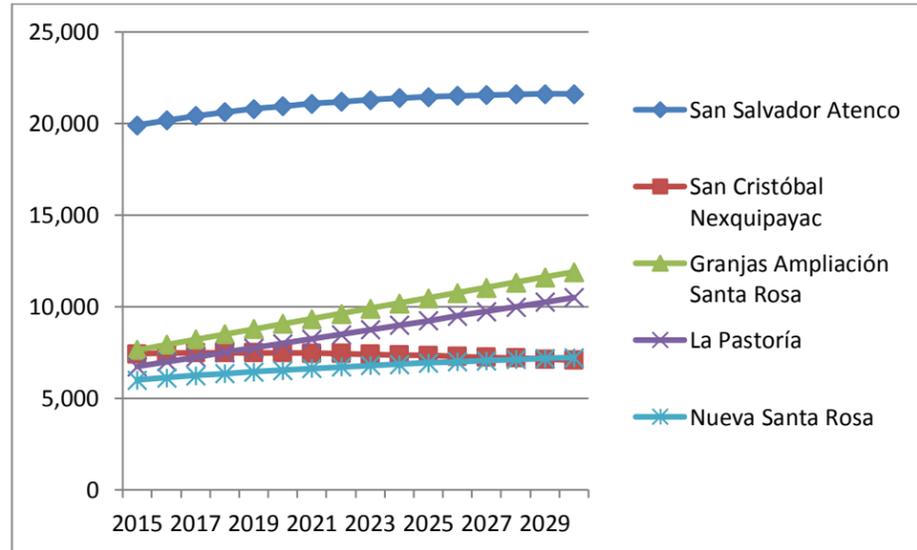


Grafico 10. Proyección de la población 2015-2030 CONAPO por localidad.

Al presentar un número tan grande de localidades, CONAPO realiza la proyección de la población agrupando al resto de las localidades, sin embargo, se puede observar que la tendencia marca que el crecimiento seguirá incrementándose gradualmente hasta llegar en el año 2030 a una población total estimada de 25,586 habitantes para el resto de los municipios como se muestra en la siguiente gráfica.

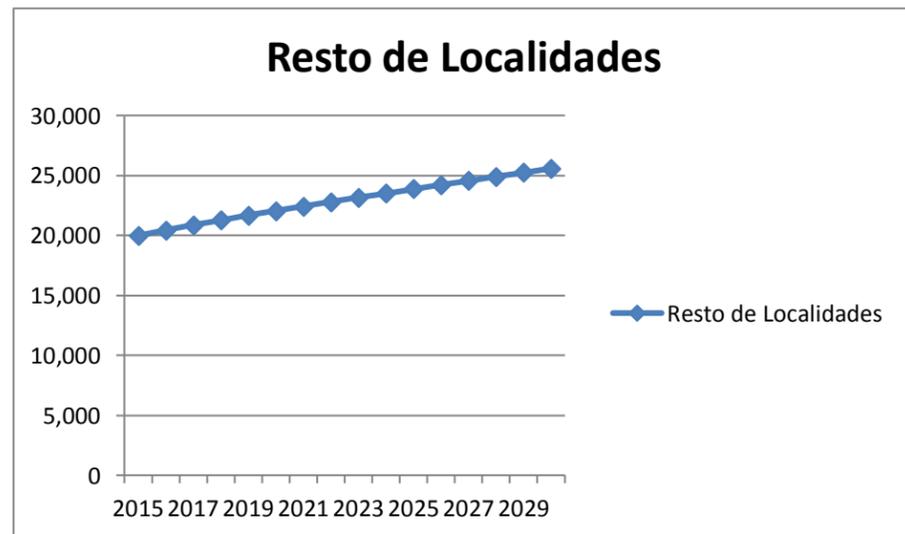


Grafico 11. Proyección de la población 2010-2030 CONAPO resto de localidades. Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de CONAPO e INEGI.

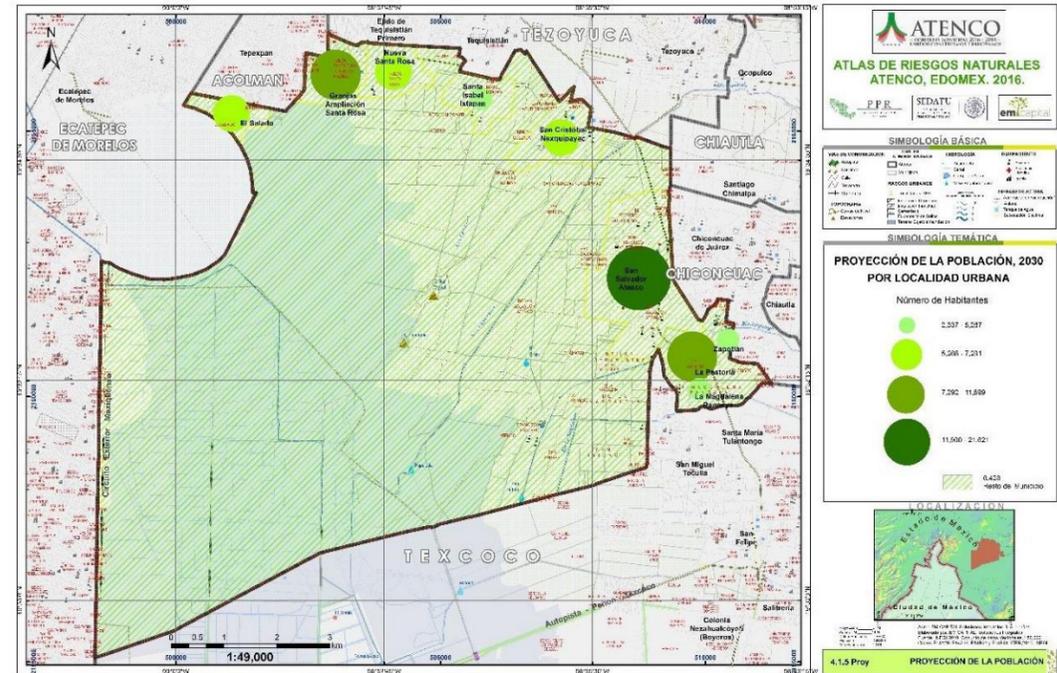


Figura 19. Proyección de la población a 30 años por localidad

4.1.3 Distribución de la población (por localidad)

En el año 2010, la Región XI registró una población de 407,694 habitantes, así como una superficie de 727.3 km², que representa 3.2% del total de la entidad. Los municipios con mayor superficie son Texcoco y Tepetlaotoc, que juntos integran 81.3% de la Región XI, mientras que Papalotla y Chiconcuac son los más pequeños.

Atenco cuenta con localidades rurales, en ellas residen 3 mil 145 habitantes, que representan 5.59% del total de la población del municipio, 53 mil 98 habitantes, residen en localidades urbanas 94.41 por ciento.

Entre las localidades más pobladas se encuentran: San Salvador Atenco con 17 mil 124 habitantes, seguida por San Cristóbal Nexquipayac con 6 mil 661 y Granjas Ampliación Santa Rosa con 5 mil 821. Las localidades menos pobladas son: Hacienda la Grande Fracción Uno con 4 habitantes, El Amanal con 296 y Los Hornos con 344.

El municipio de Atenco cuenta con más de 10 localidades, 5 de ellas con una población arriba de 5,000 habitantes (San Salvador Atenco, San Cristóbal Nexquipayac, Granjas Ampliación Santa Rosa, La Pastoría y Nueva Santa Rosa.), los cuales adquieren la categoría de localidad urbana y representan el 69.85% de



la población general; a su vez, este municipio cuenta con 6 sindicaturas, estas son: Santa Isabel Ixtapan, Zapotlán, Colonia el Salado, Ejido la Magdalena Panoaya, Resto.

La cabecera municipal de Atenco es la localidad de San Salvador Atenco con una población de 19,915 habitantes.

Tabla 20. Distribución de la población en localidades urbanas.

Distribución de la población en localidades Urbanas			
Ámbito	Nombre de la localidad	Clave de localidad	Población total
Urbano	San Salvador Atenco	150110001	19,915
	San Cristóbal Nexquipayac	150110002	7,418
	Granjas Ampliación Santa Rosa	150110029	7,636
	La Pastoría	150110023	6,736
	Nueva Santa Rosa	150110013	6,005
TOTAL			47,711

Fuente: EM Capital S.A. de C.V. Con datos de CONAPO e INEGI

El resto de las localidades son rurales, con un promedio de 2,000 habitantes, en la tabla 4.1.3.2. se muestran las 4 localidades rurales con una población no mayor a 5,000 habitantes y el resto en el anexo A. Llegado a este punto es importante señalar que son clasificados según el tamaño de las localidades como RURAL, debido a que menos del 30% de la población vive en localidades con menos de 5,000 habitantes.

Tabla 21. Distribución de la población en el resto de las localidades

Ámbito	Nombre de la localidad	Clave de la localidad	Población total
Rural	Santa Isabel Ixtapan	150110004	19,915
	Zapotlán	150110005	7,418
	Colonia el Salado	150110031	4,679
	Ejido la Magdalena Panoaya	150110033	2,732
	Resto	----	4,126

Fuente: EM Capital S.A. de C.V. Con datos de CONAPO e INEGI

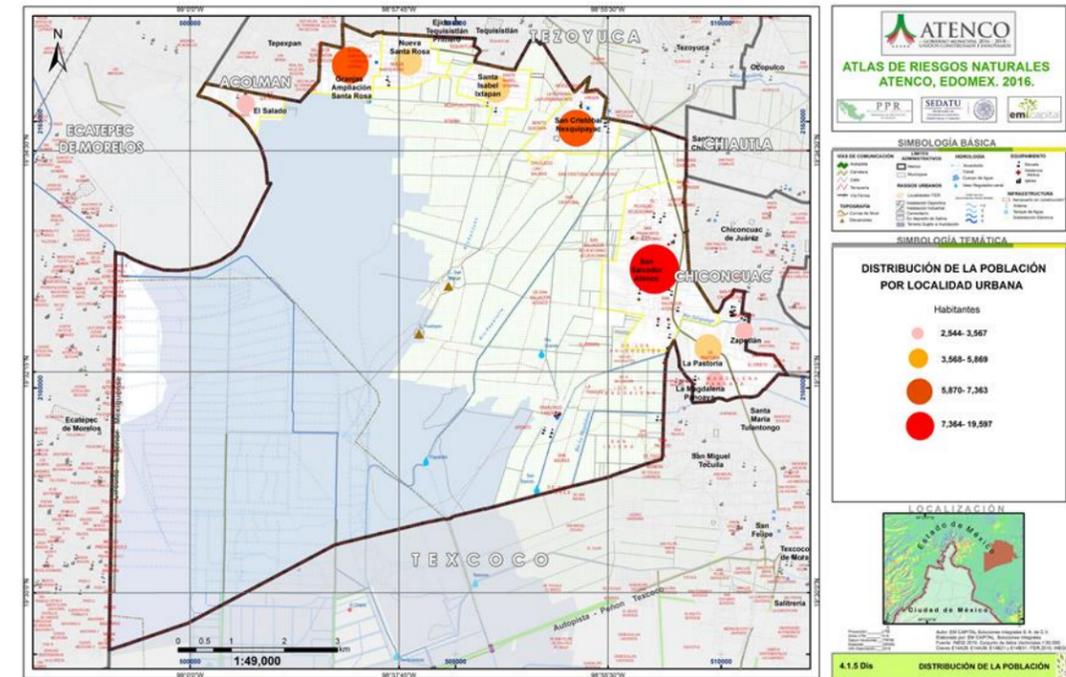


Figura 20. Distribución de la población por localidad urbana

4.1.4 Densidad de la población (por Manzana en Zonas Urbanas)

De manera general, la densidad de población del municipio de Atenco Estado de México es de 676 habitantes por kilómetro cuadrado.

INEGI determinan la densidad poblacional para el Estado de México para el 2015 en 724 habitantes por km², lo cual ubica al estado en una densidad de alta. A nivel nacional la densidad de población era de 61 habitantes por kilómetro cuadrado.

Para el municipio de Atenco la densidad poblacional promedio para las localidades urbanas es de 49.28 habitantes por kilómetro cuadrado, siendo la localidad de Granjas Ampliación Santa Rosa la de mayor densidad poblacional con 57.81 habitantes por kilómetro cuadrado en contraste con Magdalena Panoaya localidad con la menor densidad.



Tabla 22. Densidad de la población por localidad

NOMBRE DE LOCALIDAD	POBLACION 2014	AREA (ha)	Densidad
LA MAGDALENA PANOAYA	2,544	95.77	26.56
ZAPOTLÁN	2,849	55.91	50.96
LA PASTORIA	5,135	95.27	53.90
SAN SALVADOR ATENCO	19,597	420.54	46.60
SANTA ISABEL IXTAPAN	4,782	99.91	47.86
NUEVA SANTA ROSA	5,869	105.90	55.42
GRANJAS AMPLIACIÓN	7,335	126.89	57.81
SANTA ROSA			
SAN CRISTÓBAL NEXQUIPAYAC	7,363	151.65	48.55
COLONIA EL SALADO	3,567	63.79	55.92
PROMEDIO			49.28

4.2 Características sociales:

4.2.1 Porcentaje de analfabetismo, población de 14 años y más que asiste a la escuela y grado promedio de escolaridad.

En 2010, la condición de analfabetismo afectó a 2.35% de la población de 15 años y más, lo que significa que 1,312 individuos presentaron esta carencia social.

Tabla 23. Población de 15 años y más analfabeta según sexo

Población de 15 años y más, analfabeta según sexo, 2010			
	Total	Analfabeta	%
Hombres	27,933	447	1.6
Mujeres	28,310	865	3.09
Total	56,243	1,312	2.35

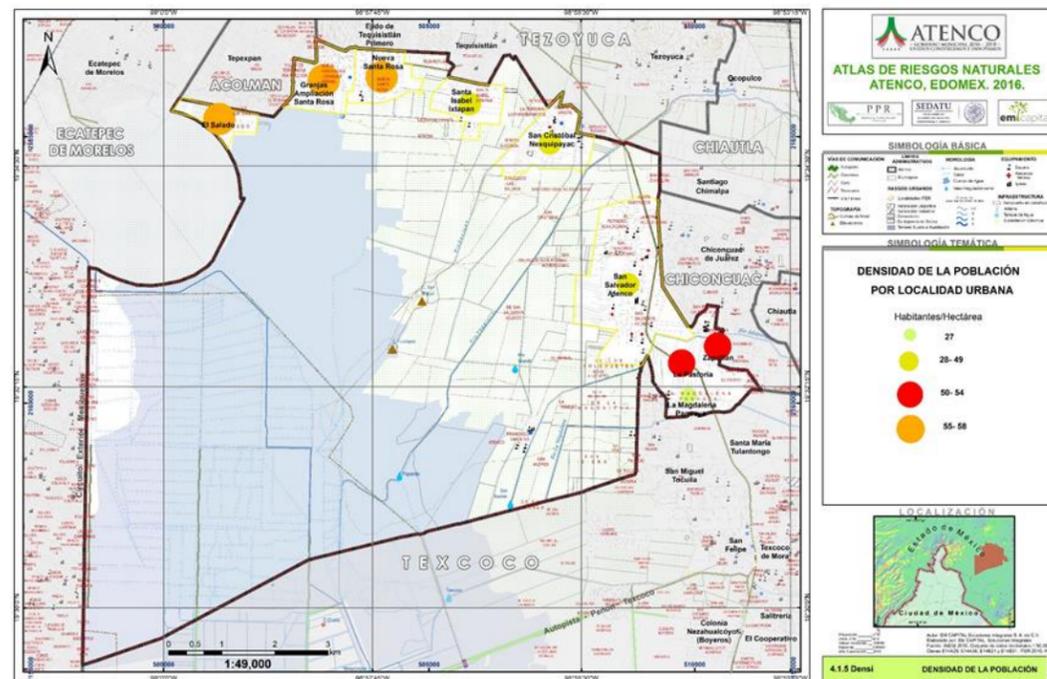


Figura 21. Densidad de la población por localidad Urbana

Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de CONAPO e INEGI.

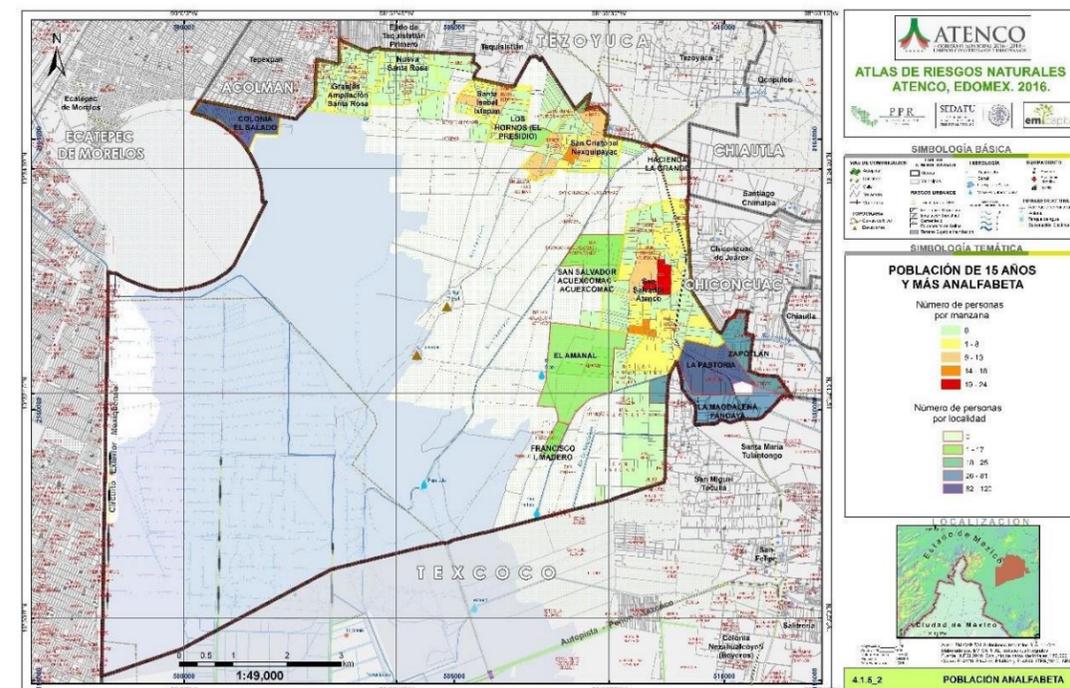


Figura 22. Población de 15 años o más analfabeta



El grado promedio de escolaridad de la población de 15 años o más en el municipio era en 2010 de 8.65, que frente al grado promedio de escolaridad de 9.1 que se presenta en la entidad, resulta moderadamente bajo. El género masculino tiene un mayor grado de escolaridad respecto a las mujeres, sin embargo, esta diferencia está asociada al mayor número de hombres respecto a mujeres.

En 2010, el municipio contaba con 17 escuelas preescolares (0.2% del total estatal), 18 primarias (0.2% del total) y nueve secundarias (0.3%). Además, el municipio contaba con cuatro bachilleratos (0.3%) y ninguna escuela de formación para el trabajo. Asimismo, el municipio no contaba con ninguna primaria indígena.

Tabla 24. Grado promedio de escolaridad de la población de 15 años o más

Grado promedio de escolaridad	General	Hombres	Mujeres
Años	8.65	8.83	8.48

Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de SNIM.

Tabla 25. Nivel de escolaridad total y por sexo

Nivel de escolaridad	Total	Hombres	Mujeres	Representa de la población de 15 años y más		
				Total	Hombres	Mujeres
Sin escolaridad	1,412	542	870	3.71%	2.91%	4.48%
Primaria completa	6,695	3,088	3,607	17.60%	16.57%	18.59%
Secundaria completa	11,558	5,959	5,599	30.39%	31.97%	28.86%

Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de SNIM.

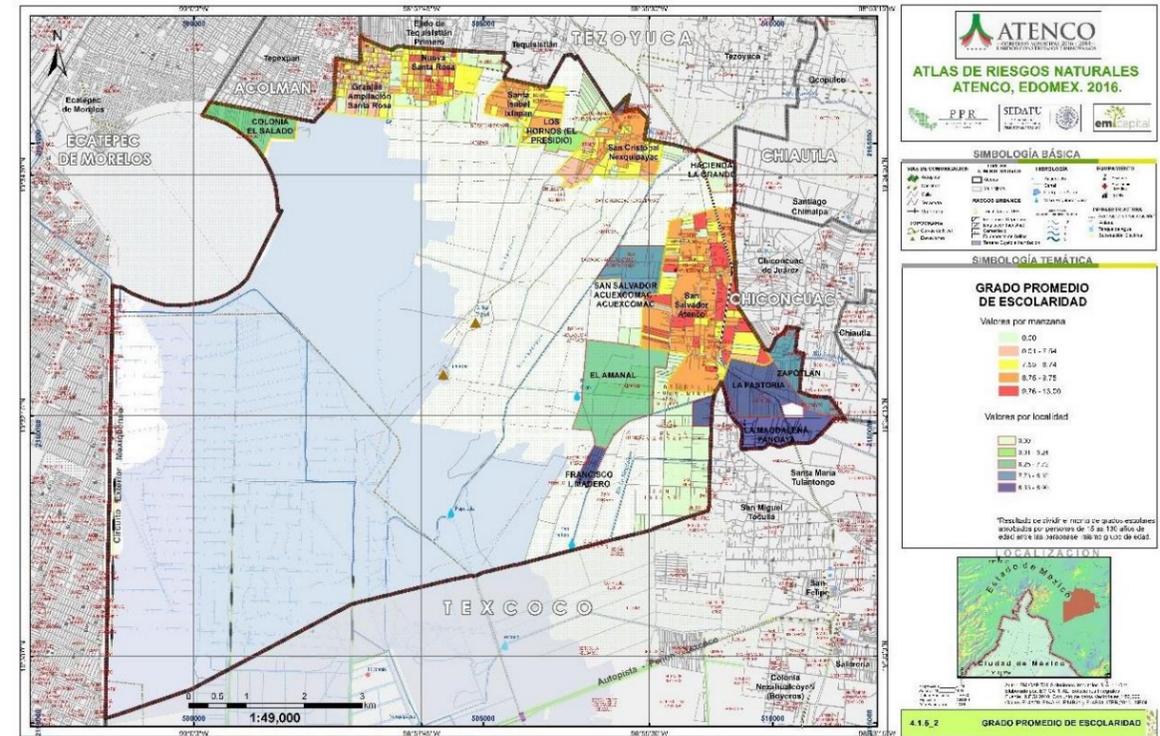


Figura 23. Grado promedio de Escolaridad

Población que asiste a la escuela

Las personas en las edades de 3 a 5 años que asisten a la escuela, se establecen como referencia de la potencial demanda de educación preescolar; en 2010 en Atenco, el 3.1 por ciento de la población total se encuentra en este grupo de edad. En términos de volumen, equivale a 1,727 infantes, de los cuales 873 son niños y 854 son niñas.

La aparente estabilidad en el volumen de preescolares es sin duda una buena oportunidad para lograr la cobertura universal en esta crucial etapa del desarrollo de capacidades de los niños. El jardín de niños satisface las necesidades básicas de los infantes para el aprendizaje de conocimientos, valores y actitudes que les permiten desarrollar capacidades, vivir y trabajar con dignidad, así como participar integralmente en el desarrollo y mejoramiento de la calidad de vida, tomar decisiones con información suficiente, y continuar aprendiendo durante toda su vida.

El grupo compuesto por la población de 6 a 14 años que asiste a la escuela es el referente para la demanda potencial del nivel de educación primaria y secundaria. Para el año 2010, dicho grupo asciende a 10,081



personas y representa el 18 por ciento de la población en ese rango del municipio: 5,131 hombres y 4,950 mujeres.

En Atenco ya se ha alcanzado la cobertura universal en primaria y la relativa estabilidad de esta población constituye una oportunidad para elevar la calidad de la educación, así como aprovechar la oportunidad que representa la educación de escuelas de tiempo completo con diferentes modalidades de reforzamiento de capacidades fundamentales para la vida.

Por ello, los retos educativos son: la retención de los alumnos en el paso de primaria a secundaria, lograr la permanencia de los alumnos hasta completar el nivel básico, mantener el interés de los alumnos por el conocimiento y elevar la calidad educativa, ya que son herramientas fundamentales para el desarrollo de su vida.

Otro grupo de atención educativa es el compuesto por las personas entre 15 y 17 años de edad, donde se ubica la población objetivo del nivel medio superior, en el cual, se han enfocado importantes estrategias educativas para continuar avanzando hacia la adecuada formación de las generaciones de jóvenes que habrán de ingresar a la fuerza de trabajo o continuar educándose como profesionales y técnicos.

La retención educativa en esta etapa de vida resulta trascendente, ya que coincide con una etapa formativa en que se deben desarrollar aspectos esenciales de la persona que tendrán influencia en su proyecto de vida, su participación social y ciudadana. En Atenco se estima que solo 2,379 jóvenes entre 15 a 17 años asisten a la escuela.

Tabla 26. Condición de Asistencia escolar en el Municipio de Atenco

Grupos de edad	Condición de asistencia escolar								
	ASISTE			NO ASISTE			NO ESPECIFICADO		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
3 a 5 años	1,727	873	854	1,929	997	932	29	12	17
6 a 14 años	10,081	5,131	4,950	389	192	197	18	10	8
15 a 17 años	2,379	1,192	1,187	1,068	595	473	3	1	2
18 a 24 años	1,596	836	760	5,165	2,575	2,590	9	2	7
25 a 29 años	175	84	91	4,223	2,014	2,209	12	2	10
30 años y más	229	99	130	23,121	11,215	11,906	57	24	33

Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de SNIM

En este caso, es relevante tomar en consideración que el número de personas que actualmente se observa en este grupo de edad no se mantendrá durante muchos años y sólo es necesario prever programas y acciones temporales que permitan atender a esta población. Los responsables para establecer las

estrategias para alcanzar una cobertura universal en este nivel educativo pueden aprovechar esta información.

Los jóvenes de 18 a 24 años de edad constituyen la población objetivo de la educación superior que atenderán en el futuro las necesidades sociales y se anticiparán a ellas, de los cuales solo 1,596 acuden a una institución de estudios superiores. La educación que se imparte en este nivel educativo comprende la promoción de la investigación con miras a elaborar y aplicar nuevas tecnologías y a garantizar la prestación de capacitación técnica y profesional, la educación empresarial y los programas de aprendizaje a lo largo de toda la vida.

Al ampliar el acceso, la educación superior debe tratar de alcanzar simultáneamente los objetivos de equidad, pertinencia y calidad. En este empeño, la consideración del volumen y ubicación de la población potencial es esencial para el desarrollo de acciones necesarias para alcanzar a toda la población.

En el municipio se cuenta con un total 49 escuelas básicas y medias para la impartición en educación preescolar se cuentan con 17, para escuela primaria 18, para secundaria 10 y para bachillerato 4.

Tabla 27. Instalaciones de Escuelas Públicas en Atenco

Nivel Educativo	Escuelas	Aulas					Promedio de aulas por escuela
		Total	En uso	Adaptadas	Talleres	Laboratorios	
Preescolar	12	67	57	6	0	0	6
Primaria	17	185	167	0	0	0	11
Secundaria	9	77	65	1	0	0	9
Bachillerato	4	30	30	8	2	3	8

Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de SNIM

Tabla 28. Instalaciones de Escuelas Privadas en Atenco Fuente

Nivel Educativo	Escuelas	Aulas					Promedio de aulas por escuela
		Total	En uso	Adaptadas	Talleres	Laboratorios	
Preescolar	5	12	10	4	0	0	2



Nivel Educativo	Escuelas	Aulas					Promedio de aulas por escuela
		Total	En uso	Adaptadas	Talleres	Laboratorios	
Primaria	1	6	5	1	0	0	6
Secundaria	1	3	3	0	0	0	3

Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de SNIM

El grado de escolaridad de las personas en general es de un promedio de 8.65, lo que representa que apenas han cursado hasta el segundo año de secundaria. El índice en hombres es de 8.83 y en mujeres es del 8.48.

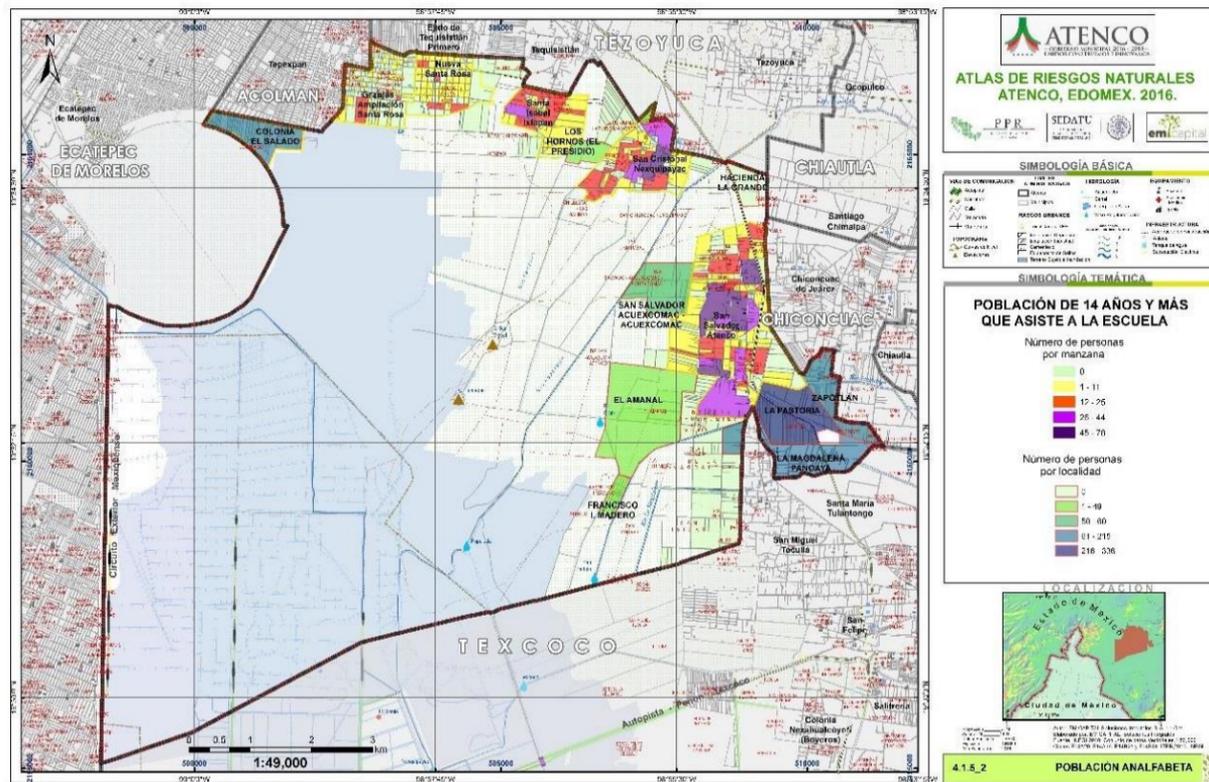


Figura 24. Población de 14 años y más que asiste a la escuela.

4.2.2 Población con discapacidad (población con limitación en la actividad) por localidad y manzana.

Uno de los grupos más vulnerables de la sociedad es el que presenta algún tipo de discapacidad. Dadas las dificultades que conlleva la captación de este segmento de la población, para el Censo 2010 se adoptó la metodología del grupo de Washington, del cual México forma parte. Este censo, con base en el cuestionario ampliado, identificó 2,520 personas en Atenco con alguna dificultad física o mental para realizar las actividades en su vida diaria, siendo ligeramente mayor la proporción de hombres que de mujeres.

Si bien existen diferencias en el porcentaje de hombres y mujeres con discapacidad, éstas no son sustantivas y se hacen evidentes sobre todo en el grupo de mayor edad, en el cual son más mujeres las que presentan altos porcentajes de discapacidad, situación que refleja la mayor sobrevivencia femenina.

La discapacidad puede ser causada por distintos problemas, entre los que se encuentran: los de nacimiento o congénitos, enfermedad y accidentes. Entre la población sinaloense que declaró tener al menos una discapacidad, la principal causa son las enfermedades (40%); como segunda causa se encuentra la edad avanzada. Aunque con menos peso en el total de la población con alguna discapacidad, las limitaciones asociadas al nacimiento o a algún accidente también alcanzan cifras importantes, éstas afectan a 15%, y 16% respectivamente.

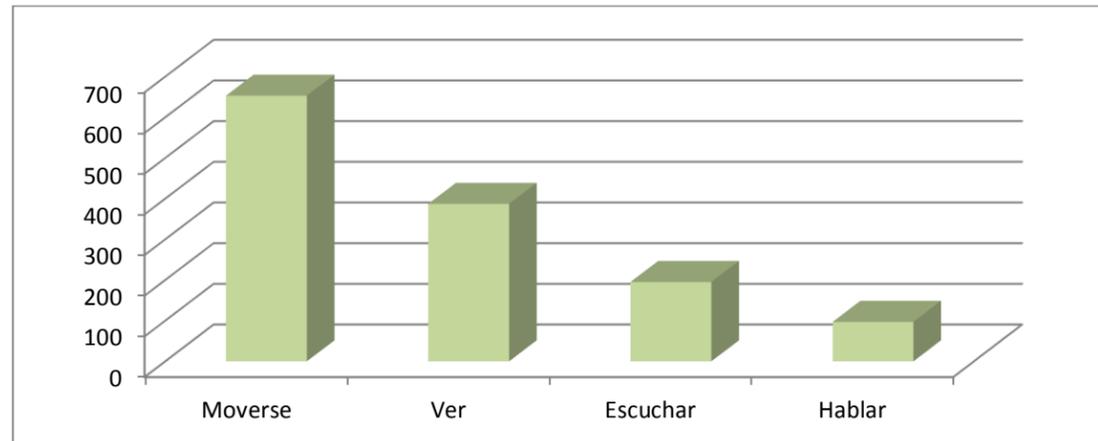
Tabla 29. Población total por sexo según condición y tipo de limitación en la actividad

	Población total	Con limitación ¹								No especificado
		Total	Caminar o moverse	Ver	Escuchar	Hablar o comunicarse	Atender el cuidado personal	Poner atención o aprender	Mental	
Hombres	27,933	1,359	653	387	195	97	57	73	110	454
Mujeres	28,310	1,168	630	365	132	73	61	62	71	482
Total	56,243	2,527	1,283	752	327	170	118	135	181	936

Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de SNIM

Entre las principales limitaciones que presenta la población está la dificultad para caminar, moverse o subir y bajar, se indica que hay 653 con esa limitación, 387 personas indicaron tener limitación para ver y usar lentes, 97 están limitadas para hablar y 195 para escuchar.

En la siguiente tabla se presenta las cifras de población con discapacidad, donde se puede encontrar la población total con algún tipo de limitación, así como las cifras por tipo de limitación.



Grafica 12. Número de personas con discapacidad en localidades urbanas Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de SNIM

4.2.3 Población que habla alguna lengua indígena y no habla español

Aunque en Atenco no existe una gran diversidad étnica, existen sectores de la población que conservan su lengua materna y sus costumbres ancestrales, lo que requiere una atención especial para atender sus necesidades y obliga a conocer el volumen, ubicación y las características sociodemográficas de este sector de población. De acuerdo con los datos del censo 2010, en Atenco viven 890 personas de 5 años y más que hablan alguna lengua indígena, este número significa 1.6% del total de la población de este grupo de edad.

En su mayoría, la población que habla lengua indígena también habla español; sin embargo, todavía hay quienes son monolingües. En 2010 se registraron solo 4 personas de 5 años y más que hablaban una lengua indígena pero no hablaban español.

La lengua náhuatl es la más hablada en el municipio de Atenco, ya que casi la mitad de los hablantes de lengua indígena la reportan, seguida de la Mixteca y la lengua Otomí que representan 14 y 7.5%, respectivamente. Las lenguas Totonaca y Mixe en conjunto agrupan 13.5% de los hablantes. De las principales lenguas que se hablan en la entidad, todas excepto el náhuatl son provenientes de otras regiones, principalmente del centro y sur del país, las cuales son habladas por personas que han llegado principalmente a trabajar en las actividades de siembra y recolección de hortalizas.

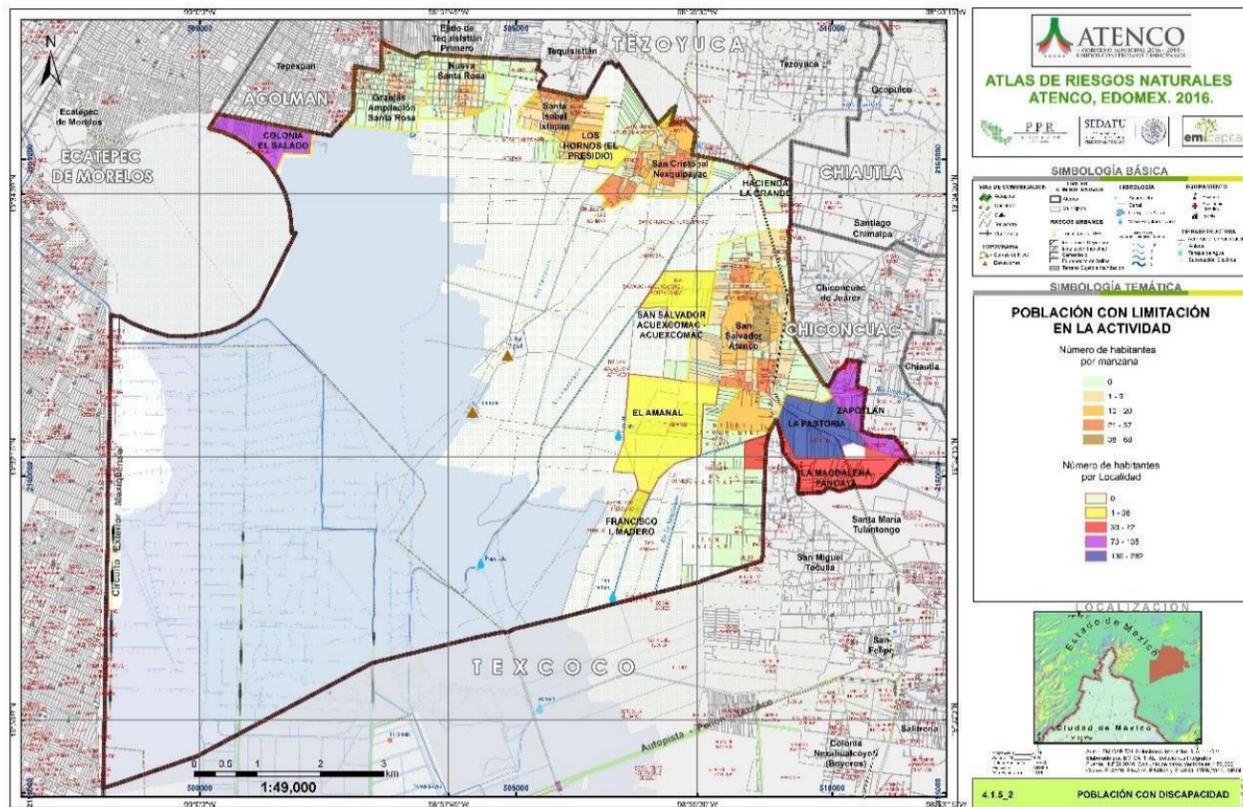


Figura 25. Personas con limitaciones físicas

Tabla 30. Distribución de la población de 5 años y más, según condición de habla indígena y español, urbanas

Indicador	Total	Hombres	Mujeres
Población que habla lengua indígena	890	448	442
Habla español	829	415	414
No habla español	4	0	4
No especificado	57	33	24
Población que no habla lengua indígena	51,218	25,362	25,856
No especificado	102	44	58

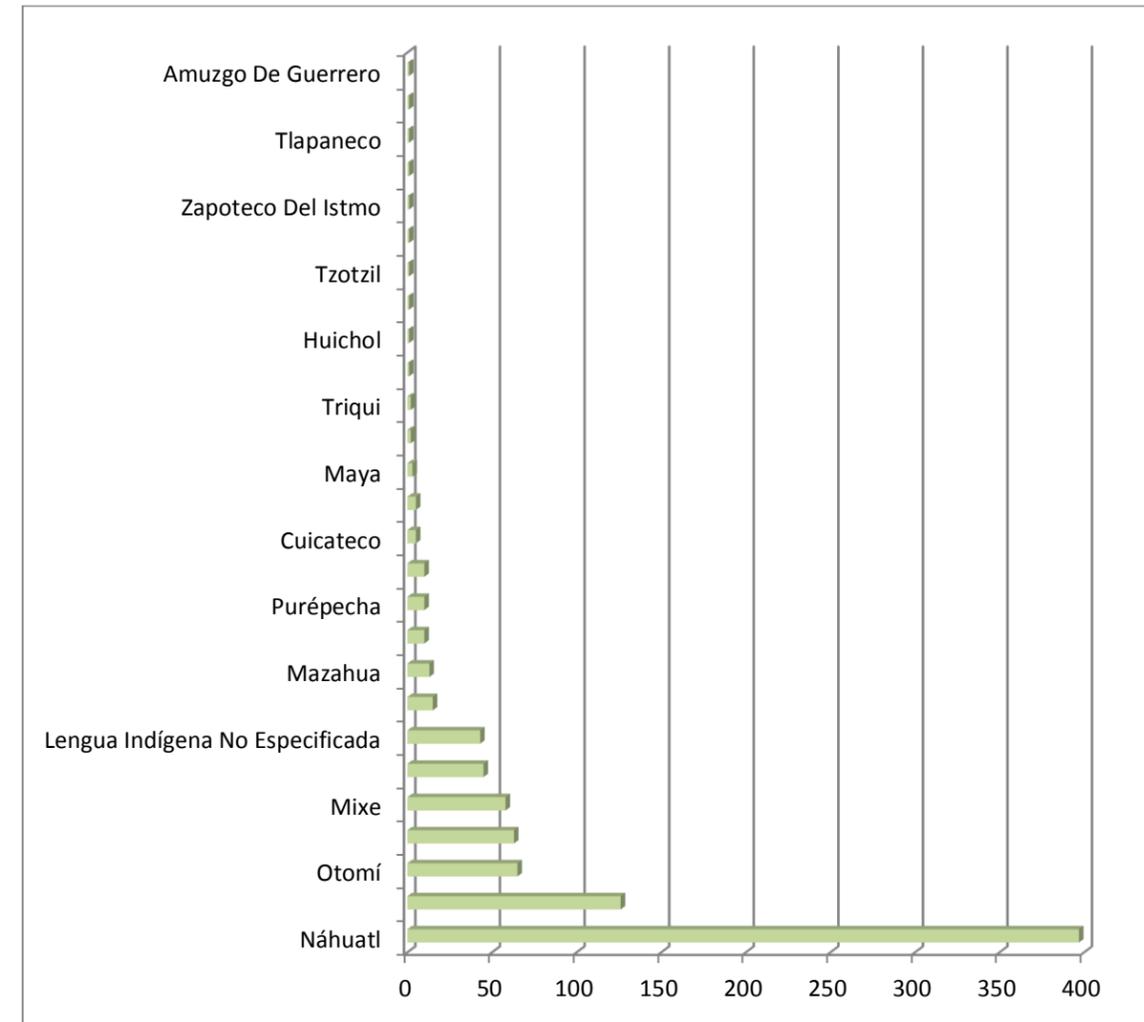
Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de SNIM.



Tabla 31. Lenguas indígenas habladas en el municipio

Lengua indígena	Número de hablantes		
	Total	Hombres	Mujeres
Náhuatl	397	196	201
Mixteco	126	64	62
Otomí	65	27	38
Totonaca	63	36	27
Mixe	58	29	29
Zapoteco	45	26	19
Lengua Indígena No Especificada	43	24	19
Mazateco	15	9	6
Mazahua	13	7	6
Chinanteco	10	3	7
Purépecha	10	4	6
Huasteco	10	4	6
Cuicateco	5	3	2
Tzeltal	5	3	2
Maya	3	3	0
Mixteco De La Mixteca Alta	2	1	1
Triqui	2	2	0
Mixteco De La Mixteca Baja	1	0	1
Huichol	1	0	1
Tojolabal	1	1	0
Tzotzil	1	0	1
Chol	1	0	1
Zapoteco Del Istmo	1	1	0
Zapoteco Sureño	1	0	1
Tlapaneco	1	0	1
Chatino	1	1	0
Amuzgo De Guerrero	1	1	0

Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de SNIM.



Grafica 13. Lenguas indígenas habladas en el municipio y cantidades. Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de SNIM.

4.2.4 Salud (población sin derechohabiencia, médicos por cada mil habitantes y tasa de mortalidad)

Las unidades médicas en el municipio eran ocho (0.4% del total de unidades médicas del estado). • El personal médico era de 29 personas (0.2% del total de médicos en la entidad) y la razón de médicos por unidad médica era de 3.6, frente a la razón de 10.1 en todo el estado. En el mismo año, el porcentaje de personas sin acceso a servicios de salud fue de 51%, equivalente a 23,141 personas.



Población sin derechohabencia a servicios de salud (54.3% del total), población de 15 años y más con educación básica incompleta (37.1%), viviendas que no disponen de lavadora (36.6%), viviendas que no disponen de refrigerador (24.5%), población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela (3.7%), población de 15 años o más analfabeta (3.4%) y viviendas sin excusado/sanitario (1.8%).

Tasa de mortalidad

En los treinta años recientes, la tasa de mortalidad general en Atenco, al igual que en el país, ha ido descendiendo, lo cual ha generado el envejecimiento progresivo de la población. Se proyecta que continúe aumentando en los próximos 25 años. Este proceso de envejecimiento y la exposición a riesgos relacionados con estilos de vida poco saludables han modificado el cuadro de principales causas de muerte. Atenco, como en el resto de la nación, atraviesa una transición epidemiológica caracterizada por el predominio cada vez mayor de enfermedades no transmisibles, enfermedades crónicas degenerativas y lesiones.

La tasa bruta de mortalidad alcanzó el por cada mil habitantes en el año 2010. Además, en este mismo año, esa tasa fue superior a la registrada a escala nacional (5.6). En la figura 1.6 se muestra la distribución de las causas de mortalidad en la población productiva. *La diabetes mellitus y las enfermedades cardiovasculares son las que generan el mayor número de muertes. En cambio, los accidentes y lesiones intencionales corresponden a la población más joven. En los grupos mayores de 70 años la diabetes mellitus y enfermedades endocrinas causan el mayor número de muertes.*

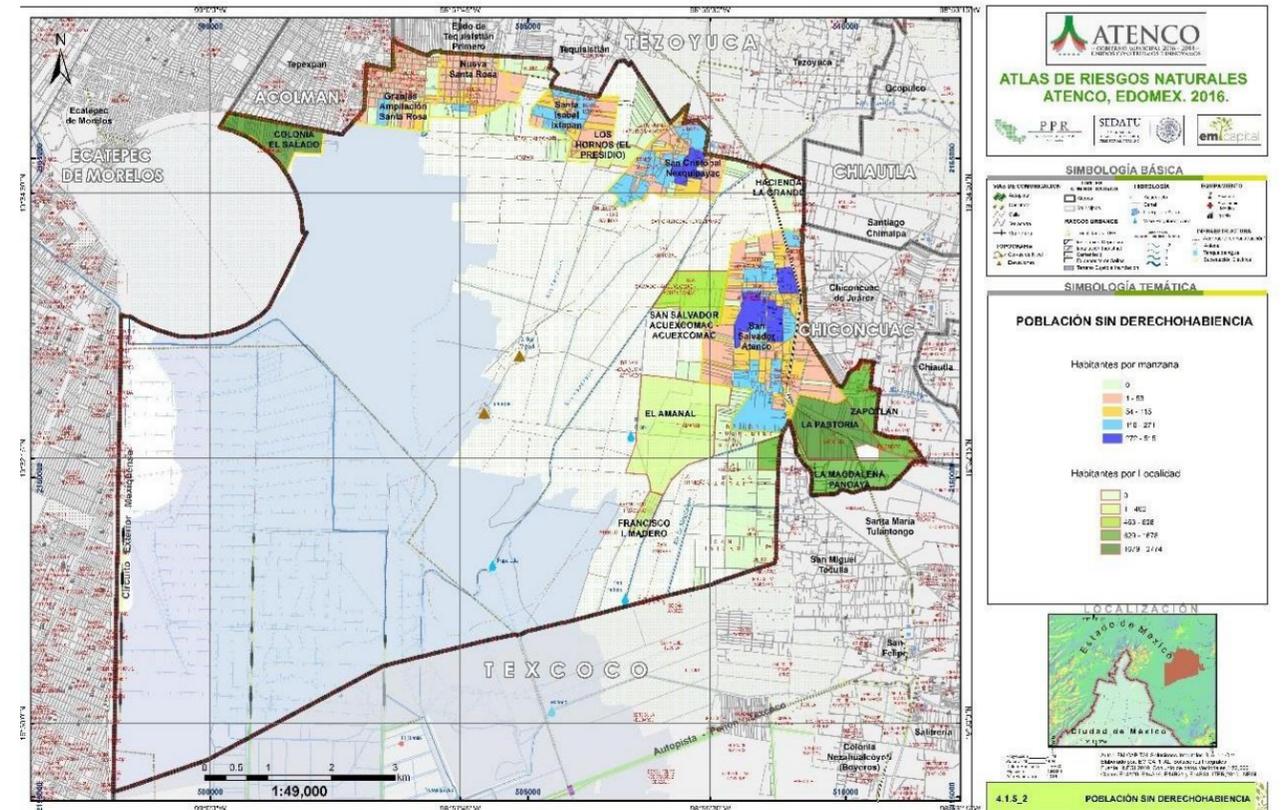


Figura 26. Población sin derechohabencia

4.2.5 Pobreza

En cuanto a la pobreza sabemos que parte de la población atenguense no puede acceder o carece de los recursos para satisfacer sus necesidades básicas; sobre todo en las nuevas colonias y los caseríos en donde se carecen de servicios, infraestructura, atención social, aplicación de programas de asistencia social., por esta razón, en este trienio nos ocuparemos de llevar al progreso a las zonas desprotegidas y prepararlas para el futuro próximo que enfrentará nuestro municipio.

El PDU Municipal promueve en cuanto a pobreza multidimensional, la disminución de los índices de pobreza, es otra estrategia de gran importancia debido a que es fundamental para crear un futuro más próspero y sostenible. Se pretende priorizar la atención a hogares que no tienen los servicios básicos de alimentación, seguridad social y vivienda; además de promover el acceso universal a los servicios sociales. Asimismo, ofrecer niveles mínimos de protección social que contribuyan de manera importante a la consolidación y progreso del Municipio.



El **44% de la población** del entorno inmediato del nuevo aeropuerto **se encuentra en situación de pobreza**, ubicándose principalmente en los municipios de Atenco y Chimalhuacán.

En el año **2010** la población de la zona presentaba un **alto y muy alto grado de marginación**, aproximadamente un **40% de la población a ese periodo**.

El alto grado de marginación se debía a condicionantes como el alto nivel de hacinamiento, bajo nivel de ingresos, rezago educativo, dispersión de la población, así como un bajo nivel de cobertura de los servicios básicos.

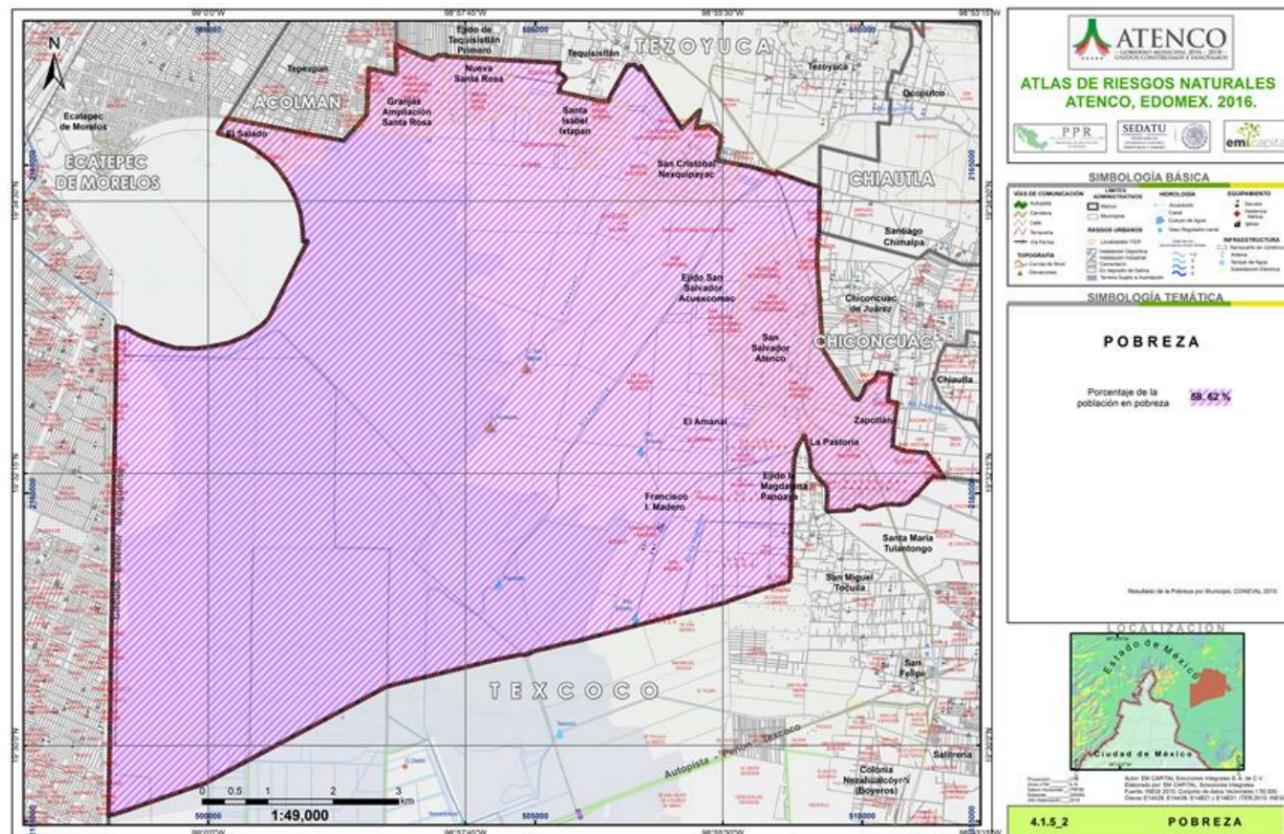
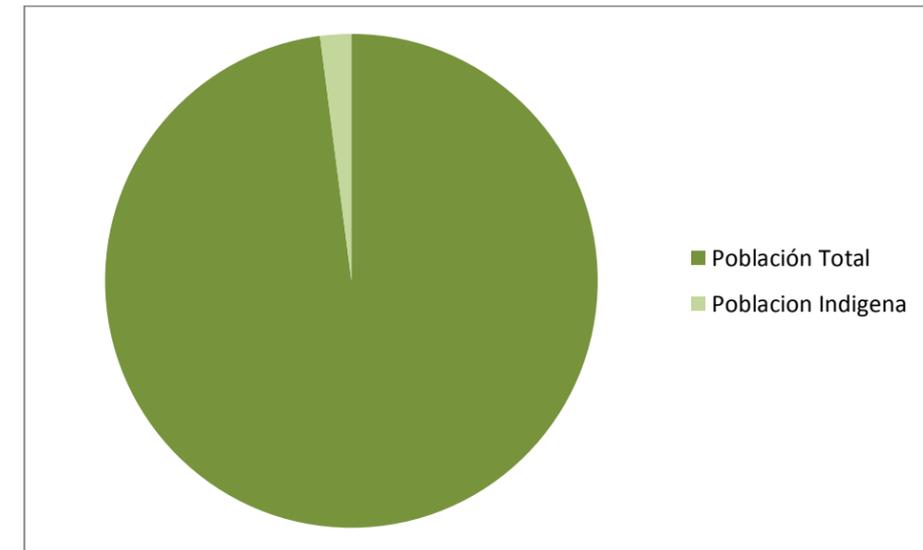


Figura 27. Mapa Índice de Pobreza

4.2.6 Porcentaje de población de habla indígena

En el municipio de Atenco habitan 88282 personas de las cuales la población de habla indígena es de 880 habitantes los cuales representa el 2.08 % de la población total.

Gráfica 14. Porcentaje de población de habla indígena



Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de SNIM.

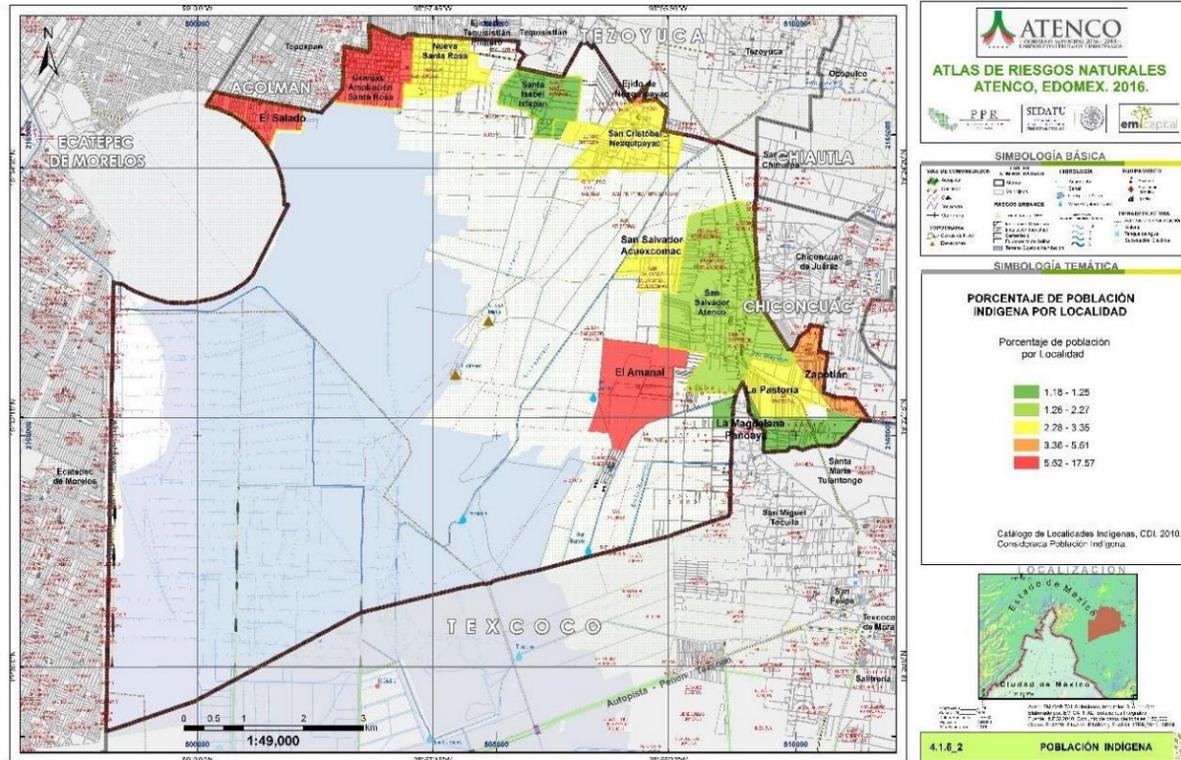
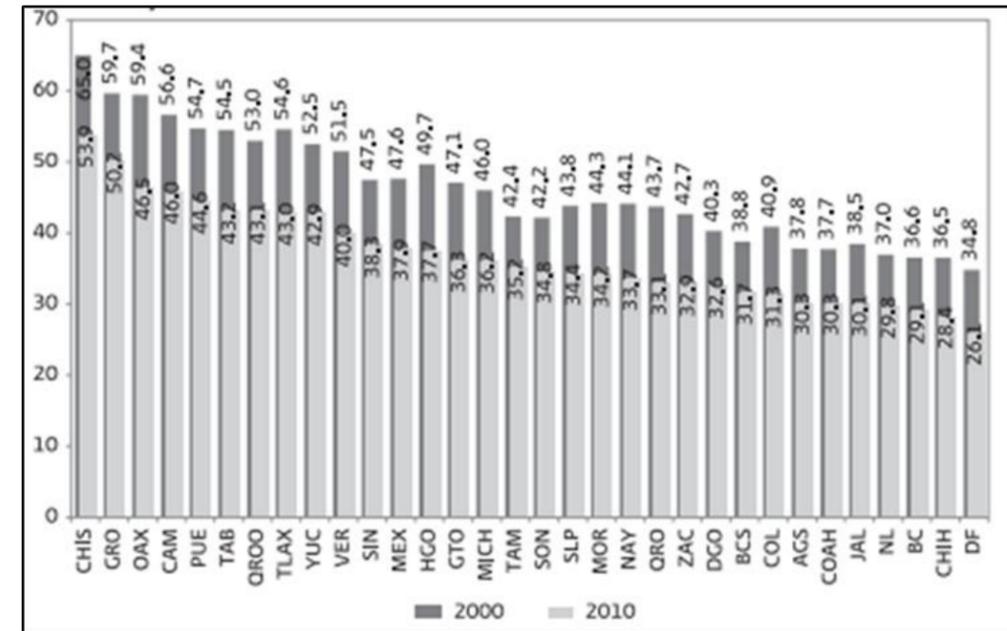


Figura 28. Porcentaje de población de habla indígena

4.2.7 Hacinamiento (promedio de ocupantes por cuarto) por manzana

El hacinamiento tiene efectos en la dinámica y salud familiar, así como sobre la calidad de vida y la vulnerabilidad económica y social de los hogares. Según Goux y Maurin, existe una relación de causa y efecto entre el hacinamiento y el retraso de los niños en la escuela. Se ha encontrado también una relación entre hacinamiento y maltrato infantil (Salles, Vania y María de la Paz López, 2004, p: 316), así como tensión familiar y falta de privacidad para el desarrollo de diferentes actividades por parte de los miembros de la familia.

El hecho de que más de dos personas duerman en un mismo cuarto es una condición que no sólo compromete la privacidad de los residentes en la vivienda, sino que propicia espacios inadecuados para el desarrollo de distintas actividades esenciales para las personas.



Gráfica 15. Porcentaje de viviendas con algún nivel de hacinamiento por entidad federativa, 2000-2010. Banco Mundial y CONEVAL 2010

Con base en los Indicadores para la elaboración del Programa de Ordenamiento Territorial se obtiene la siguiente fórmula:

$$\text{Hacinamiento} = \left(\frac{\text{Promedio de personas por habitación}}{\text{Número total de viviendas habitadas}} \right) * 100$$

Y tomando de referencia los datos ofrecidos por el ITER 2010 completamos las variables.

$$H = \left(\frac{4.54}{12218} \right) * 100 = 0.03715$$

Valor de: 0.03715



Tabla 34. Distribución porcentual de ocupantes en viviendas por características seleccionadas 2010

Ocupantes en viviendas	%
Sin drenaje ni servicio sanitario exclusivo	0.55
Sin energía eléctrica	0.74
Sin agua entubada	5.74
Con algún nivel de hacinamiento	48.34
Con piso de tierra	5.56

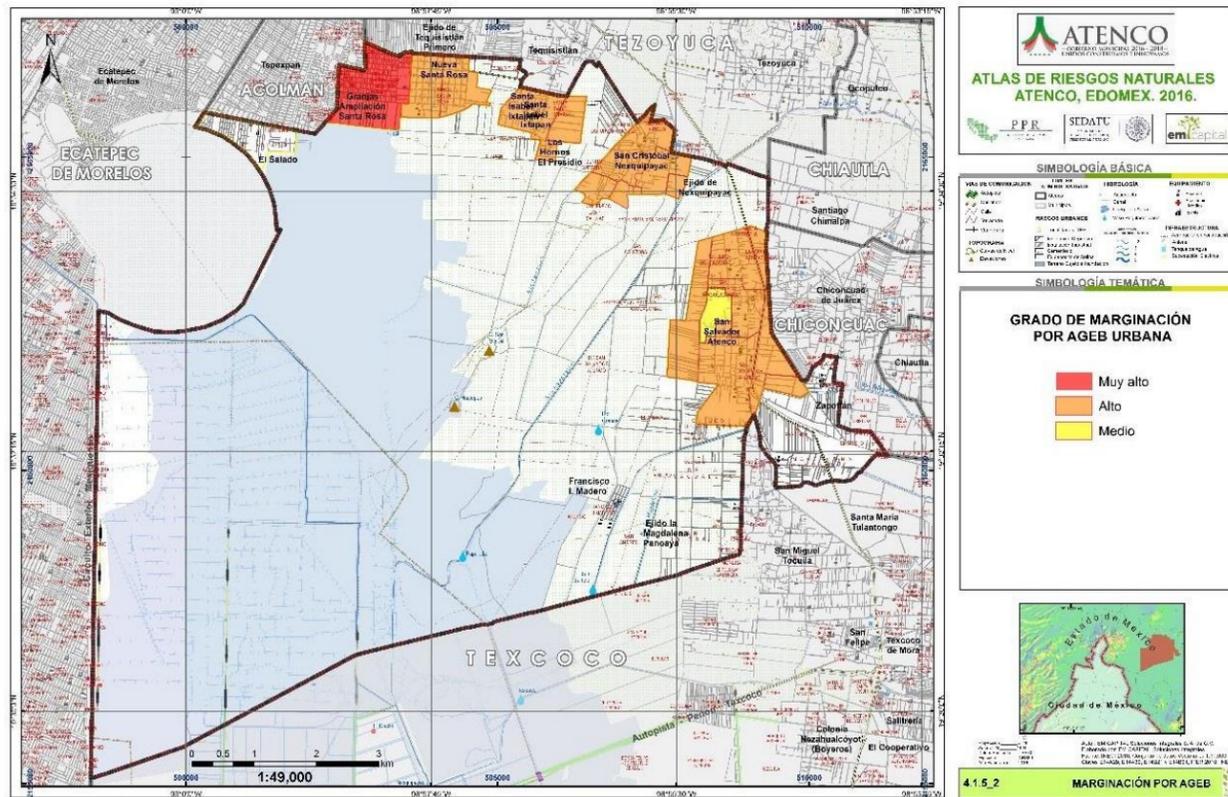


Figura 30. Grado de marginacion por AGEB urbana.

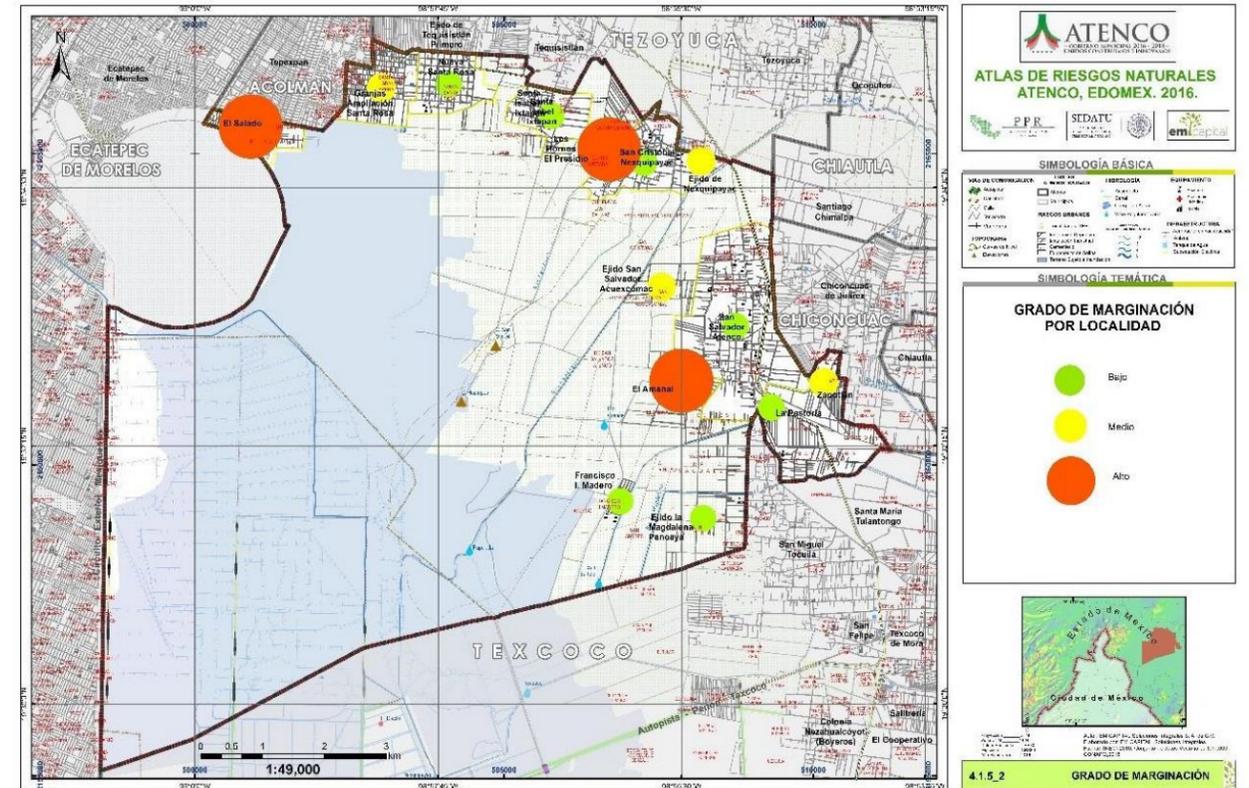


Figura 31. Grado de marginacion por localidad

4.3 Características de la vivienda

Con base en los resultados del Censo de Población y Vivienda 2010, por primera vez se publica información de todas las viviendas existentes en el país. En Atenco el parque habitacional en su conjunto se compone de 12 483 viviendas particulares. Las viviendas tipo (casa) representan el 96.76%. En cambio, las viviendas tipo (departamento, cuarto, o vivienda móvil) representan el 0.7% y el resto no se especifica siendo el (2.6%).

El Censo 2010 muestra un total de 12 483 viviendas particulares habitadas. En términos absolutos se incrementaron 5 444 en los últimos 10 años. Esta cifra refleja los grandes avances del estado y municipio en materia de política habitacional, con un crecimiento entre 2000 y 2010 del 77 por ciento. Lo que significa que el parque habitacional continúa creciendo.



Tabla 35. Tipos de viviendas

Tipos de vivienda	Número de viviendas ocupadas	%
total viviendas habitadas (1)	12,483	100.00
Vivienda particular	12,483	100.00
Casa	12,060	96.61
Departamento en edificio	11	0.09
Vivienda o cuarto en vecindad	62	0.50
Vivienda o cuarto en azotea	2	0.02
Local no construido para habitación	5	0.04
Vivienda móvil	1	0.01
Refugio	1	0.01
No especificado	341	2.73
Vivienda colectiva	0	0

4.3.1 Pisos de tierra

En 2010 solo el 5.43% de las viviendas en el municipio de Atenco contaban con piso de tierra, mientras que el 81.45%, tiene pisos de cemento o firme, el 12.86% tienen pisos de madera, mosaico u otro recubrimiento, y entre 1990 y 2010, éstas registran un incremento de 2.5 puntos porcentuales. De las cifras anteriores se desprende que el porcentaje de viviendas con piso de tierra tuvo un decrecimiento mínimo a través del tiempo, al pasar de 7.04% en 1990 a 5.56% en 2010.

De acuerdo al con la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, muestra una metodología con la cual se calcula el porcentaje de viviendas con pisos de tierra, a continuación, se muestra detalladamente.

Este porcentaje se obtiene de la diferencia del total de viviendas habitadas y el total de viviendas con piso de material diferente a tierra, el resultado se divide entre el total de viviendas habitadas y se multiplica por cien.

$$VPT\% = \frac{TVPT}{TVPH} \times 100$$

Dónde:

VPT% = Porcentaje de Viviendas con Piso de Tierra

TVPT = Total de Viviendas Particulares Habitadas con Piso de Tierra

TVPH = Total de Viviendas Particulares Habitadas

$$VPT\% = \frac{679}{12\,483} \times 100 = 5.43\%$$

Siendo de vital importancia este dato ya que las viviendas de piso de tierra aumentan la vulnerabilidad de sus habitantes frente a desastres naturales, ya que el riesgo de contraer enfermedades es mayor y su resistencia frente a ciertos fenómenos es menor que otro tipo de construcciones.

Tabla 36. Rangos para clasificación de viviendas con pisos de tierra

Indicador	Porcentaje de viviendas con piso de tierra	Condición de Vulnerabilidad	Valor Asignado
Rango	De 1.52 a 20.82	Muy Baja	0.00
	De 20.83 a 40.12	Baja	0.25
	De 40.13 a 59.42	Media	0.50
	De 59.43 a 78.72	Alta	0.75
	78.73 ó más	Muy Alta	1.00

De acuerdo a la escala proporcionada por la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, el Municipio de Atenco se encuentra con una condición de vulnerabilidad MUY BAJA.

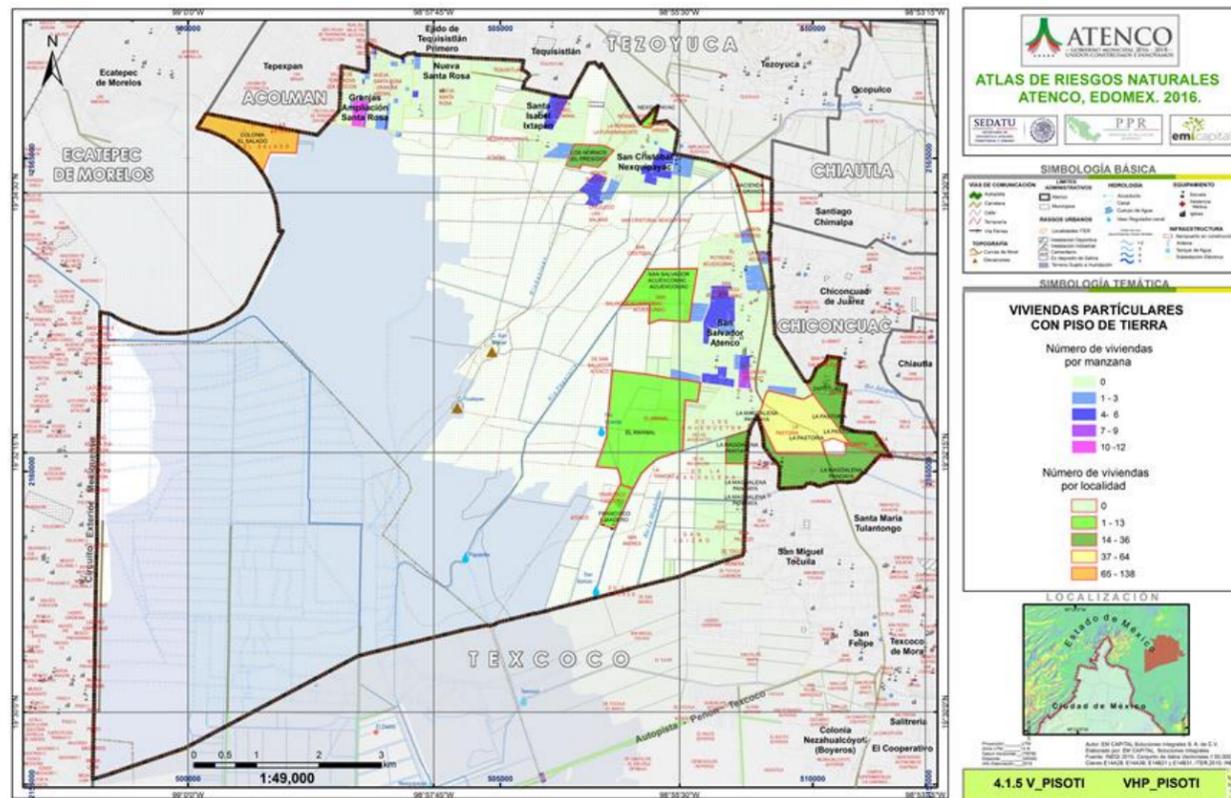


Figura 32. Viviendas con piso de tierra por manzana y localidad

4.3.2 Servicios (agua, luz, drenaje)

Viviendas que no disponen de agua entubada de la red pública (10.5% del total), viviendas con un solo cuarto (9.7%), viviendas con piso de tierra (5.6%), viviendas que no disponen de drenaje (1.8%), viviendas sin ningún bien (0.9%) y viviendas que no disponen de energía eléctrica (0.8%).

- **Agua entubada:** Según datos del SNIM (Sistema Nacional de Información Municipal), en Atenco la cantidad de viviendas particulares habitadas que disponen de agua de la red pública (agua potable) disminuyó un 1.71 %, pasando de 95,58% a 93,87% en el periodo 1995-2010, aunque podría parecer un mal dato, se debe principalmente a la sobre urbanización de la zona en los últimos 20 años.

De acuerdo al con la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, muestra una metodología con la cual se calcula el porcentaje de viviendas con agua entubada, a continuación, se muestra detalladamente.

Los datos para obtener este indicador se obtienen del Censo General de Población y Vivienda 2010 realizado por el INEGI. El porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada se obtiene de la diferencia del total de viviendas particulares habitadas y el total de viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada, el resultado se divide entre el total de viviendas y se multiplica por cien.

Formula:

$$TVNDAE = TVPH - TVDAE$$

Dónde:

TVNDAE = Total de Viviendas Particulares Habitadas que no disponen de Agua Entubada

TVPH = Total de Viviendas Particulares Habitadas

TVDAE = Total de Viviendas Particulares Habitadas que Disponen de Agua Entubada

$$TVNDAE = 12218 - 10913 = 1305$$

TVDAE

$$\%VND\text{AE} = \frac{\text{TVNDAE}}{\text{TVPH}} \times 100$$

TVPH

Dónde:

%VND\text{AE} = Porcentaje de Viviendas que no Disponen de Agua Entubada

TVDAE = Total de Viviendas Particulares Habitadas que no disponen de Agua Entubada

TVPH = Total de Viviendas Particulares Habitadas



$$\%VNDAE = \frac{1305}{12218} \times 100 = 10.68$$

La falta de agua entubada en caso de desastre puede llegar a retrasar algunas labores de atención, ya que el llevar al lugar agua que cumpla con las mínimas medidas de salubridad toma tiempo y regularmente la obtención y el almacenamiento de agua en viviendas que no cuentan con agua entubada se llevan a cabo de manera insalubre.

Tabla 37. Valores de condición de vulnerabilidad por viviendas con agua entubada.

Indicador / Pregunta	¿Qué porcentaje de viviendas no cuentan con agua entubada?	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
Rangos	De 0 a 19.96	Muy Baja	0.0
	De 19.97 a 39.92	Baja	0.25
	De 39.93 a 59.88	Media	0.5
	De 59.89 a 79.84	Alta	0.75
	79.85 ó más	Muy Alta	1.0

Fuente: Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, CENAPRED

De acuerdo a la clasificación dada, el municipio de Atenco presenta una condición de vulnerabilidad para viviendas con agua entubada de: **MUY BAJO**.

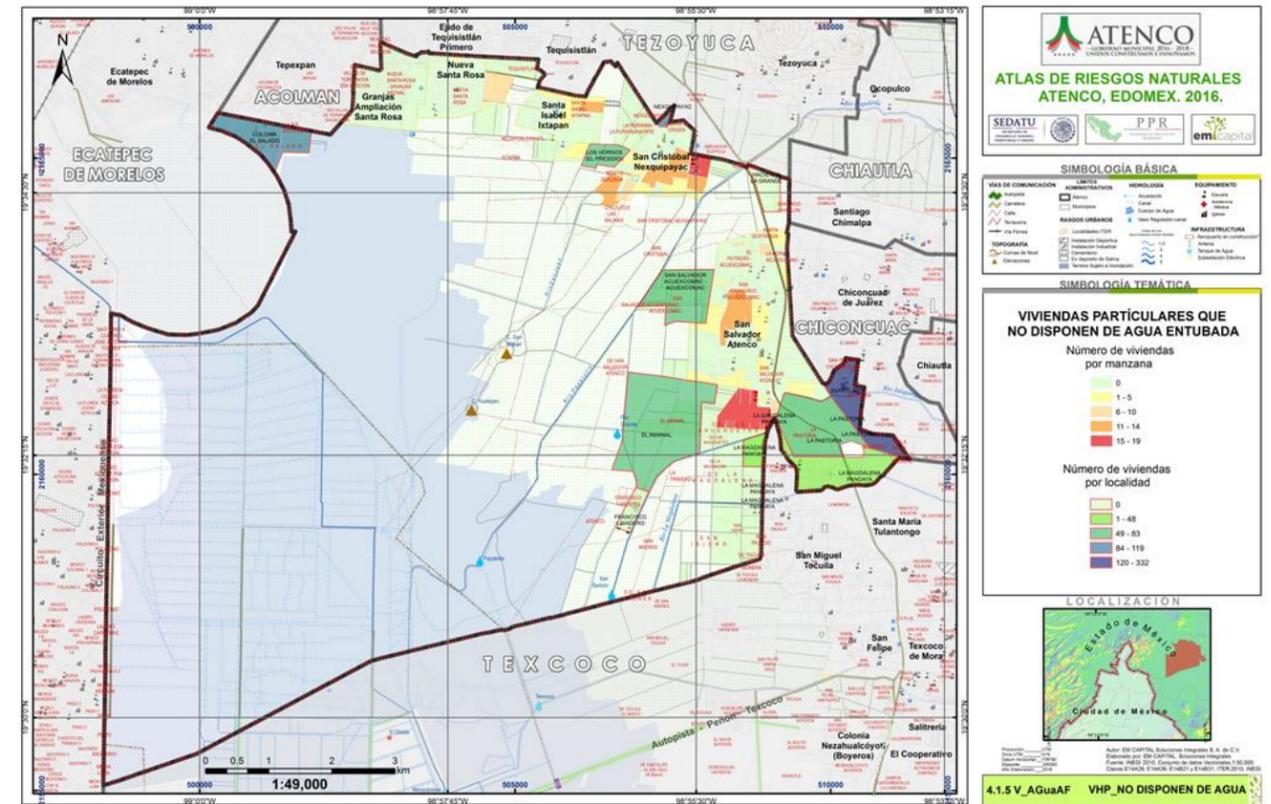


Figura 33. Viviendas particulares sin disponibilidad de agua entubada.

- **Drenaje:** Según datos del SNIM en el municipio de Atenco la cantidad de viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje aumentó en 1.02%, pasando de 97.83% a 98.85% en el periodo 1995-2010, mostrando un ligero incremento acercando al municipio a una cobertura casi del 100%.

Este indicador se obtiene de la diferencia del total de viviendas particulares habitadas y el total de viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje. El resultado se divide entre el total de viviendas y se multiplica por cien. Los datos para obtener este indicador también se encuentran en el Censo General de Población y Vivienda 2010 realizado por INEGI.

Formula:



$$TVND = TVPH - TVDD$$

Dónde:

TVND = Total de Viviendas Particulares Habitadas que no disponen de Drenaje

TVPH = Total de Viviendas Particulares Habitadas

TVDD = Total de Viviendas Particulares Habitadas que Disponen Drenaje

$$TVND = 12218 - 11970 = 248$$

$$\%VND = \frac{TVND}{TVPH} \times 100$$

Dónde:

%VND = Porcentaje de Viviendas que no disponen de Drenaje

TVND = Total de Viviendas Particulares Habitadas que no Disponen de Drenaje

TVPH = Total de Viviendas Particulares Habitadas

$$\%VND = \frac{248}{12218} \times 100 = 2.09$$

La falta de agua entubada en caso de desastre puede llegar a retrasar algunas labores de atención, ya que el llevar al lugar agua que cumpla con las mínimas medidas de salubridad toma tiempo y regularmente la obtención y el almacenamiento de agua en viviendas que no cuentan con agua entubada se llevan a cabo de manera insalubre.

Tabla 38. Valores de condición de vulnerabilidad por viviendas con agua entubada.

Indicador / Pregunta	¿Qué porcentaje de viviendas no cuentan con drenaje?	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
Rangos	De 1.21 a 20.96	Muy Baja	0.0
	De 20.97 a 40.71	Baja	0.25
	De 40.72 a 60.46	Media	0.5
	De 60.47 a 80.21	Alta	0.75
	80.22 ó más	Muy Alta	1.0

Fuente: Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, CENAPRED

De acuerdo a la clasificación dada, el municipio de Atenco presenta una condición de vulnerabilidad para viviendas con drenaje es de: **MUY BAJA**.

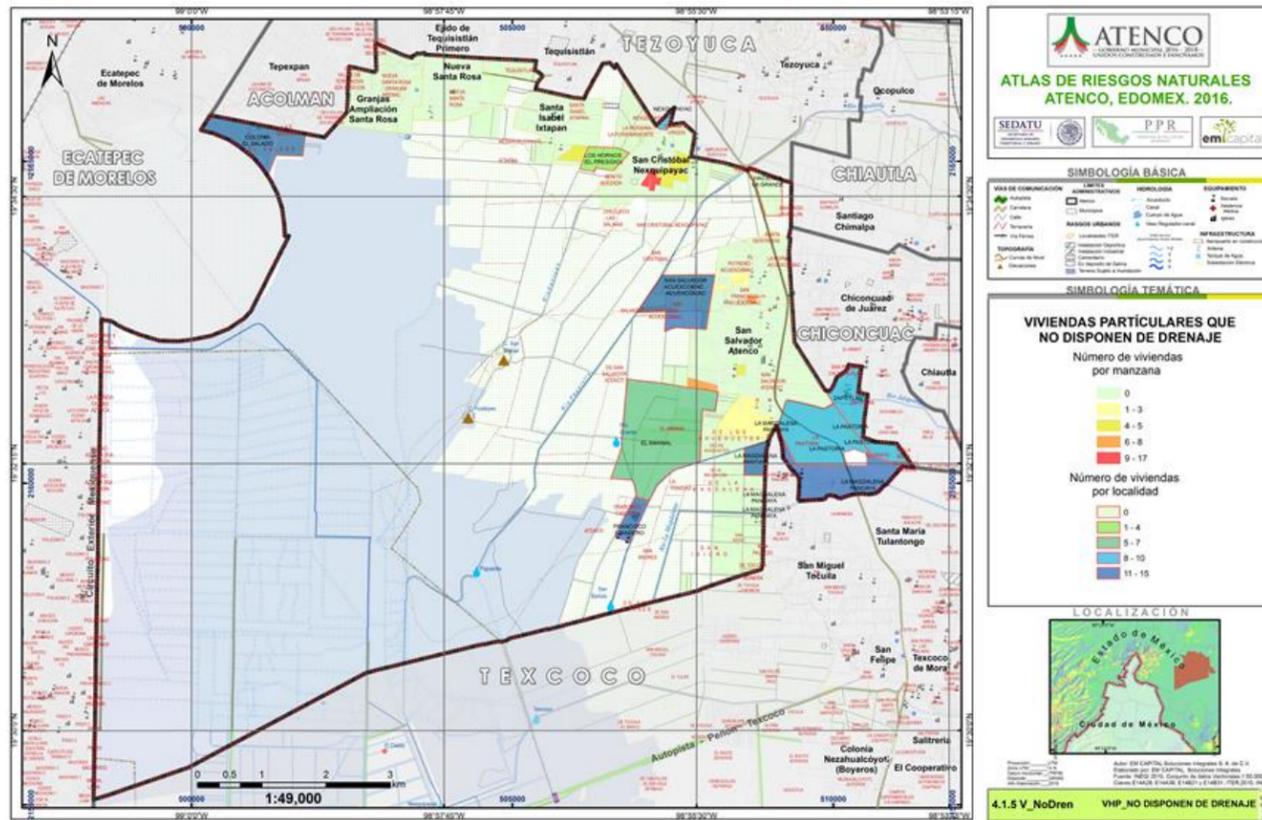


Figura 34. Viviendas particulares sin disponibilidad de drenaje

- **Luz:** Según datos del SNIM, en Atenco la cantidad de viviendas particulares habitadas que disponen de luz eléctrica disminuyó un 0.35 %, pasando de 99,35% a 99,00% en el periodo 1995-2010, de nuevo se repite el fenómeno de disminución de viviendas sin un servicio básico, se justifica con la extrema urbanización del municipio.

Este indicador se obtiene de la diferencia del total de viviendas particulares habitadas que disponen de energía eléctrica, el resultado se divide entre el total de viviendas y se multiplica por cien.

Formula:

$$TVNDE = TVPH - TVDE$$

Dónde:

TVNDE = Total de Viviendas Particulares Habitadas que no Disponen de Energía Eléctrica

TVPH = Total de Viviendas Particulares Habitadas

TVDE = Total de Viviendas Particulares Habitadas que Disponen de Energía Eléctrica

$$TVNDE = 12218 - 12089 = 129$$

TVNDE

$$VNDE \% = \frac{TVNDE}{TVPH} \times 100$$

TVPH

Dónde:

%VNDE = Porcentaje de Viviendas que no disponen de Energía Eléctrica

TVNDE = Total de Viviendas Particulares Habitadas que no disponen de Energía Eléctrica

TVPH = Total de Viviendas Particulares Habitadas

129

$$VNDE \% = \frac{129}{12218} \times 100 = 1.05$$

12218

La falta de energía eléctrica aumenta la vulnerabilidad de las personas frente a los desastres naturales, ya que el no contar con este servicio excluye a la población de formas de comunicación, asimismo la capacidad de respuesta se puede retrasar.

Tabla 39. Valores de condición de vulnerabilidad por viviendas con electricidad

Indicador / Pregunta	¿Qué porcentaje de viviendas no cuentan con electricidad?	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
Rangos	De 0 a 19.76	Muy Baja	0.0
	De 19.77 a 39.52	Baja	0.25
	De 39.53 a 59.28	Media	0.5
	De 59.29 a 79.04	Alta	0.75



	79.05 ó más	Muy Alta	1.0
--	-------------	----------	-----

Fuente: Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, CENAPRED.

De acuerdo a la clasificación dada, el municipio de Atenco presenta una condición de vulnerabilidad para viviendas con electricidad es de: **MUY BAJA**.

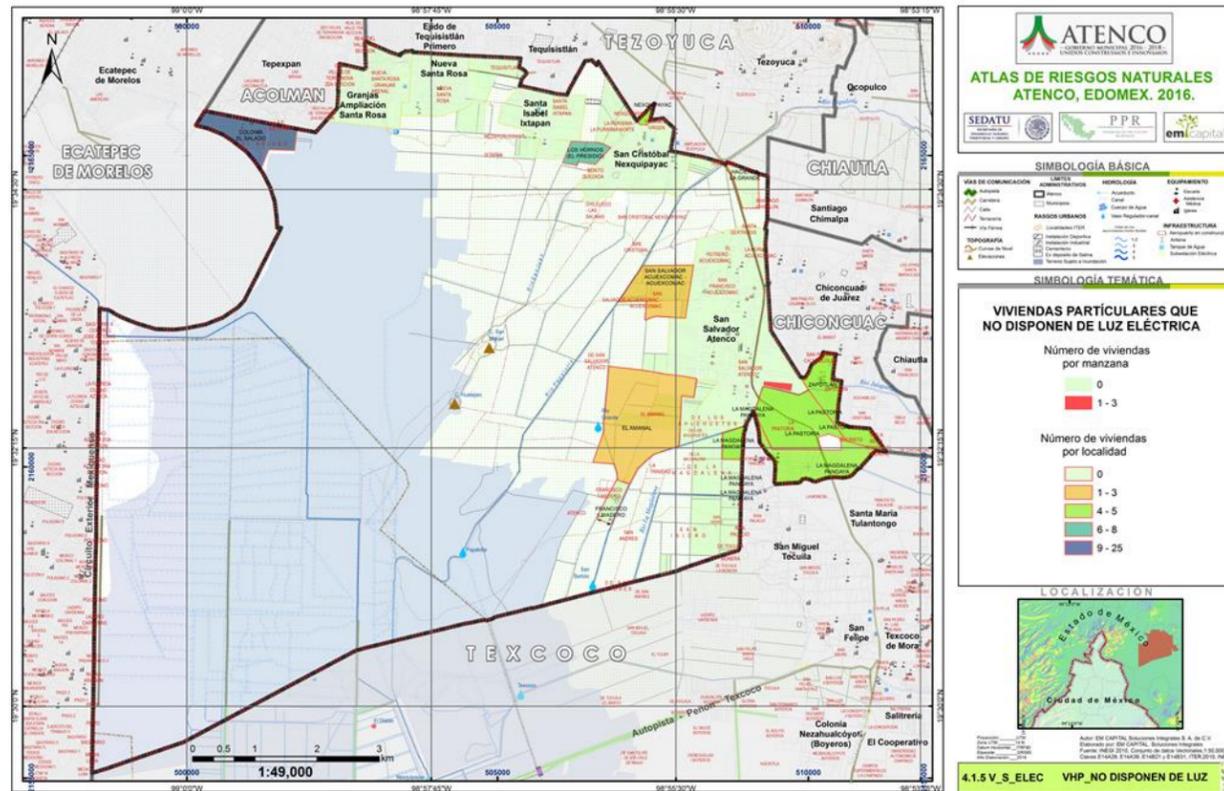


Figura 35. Viviendas particulares sin disponibilidad de luz eléctrica

Tabla 40. Resumen de viviendas que carecen de disponibilidad de servicios

Tipo de servicio	Número de viviendas particulares habitadas	%
Drenaje		
Disponen de drenaje	11,970	98.03
No disponen de drenaje	217	1.78
No se especifica disponibilidad de drenaje	24	0.20
Agua Entubada		
Disponen de agua entubada de la red pública	11,462	93.87
No disponen de agua entubada de la red pública	732	5.99
No se especifica disponibilidad de drenaje de agua entubada de la red pública	17	0.14
Energía Eléctrica		
Disponen de energía eléctrica	12,089	99.00
No disponen de energía eléctrica	94	0.77
No se especifica disponibilidad de energía eléctrica	28	0.23
Tres Servicios		
Disponen de agua entubada de la red pública, drenaje y energía eléctrica	10,707	87.68



4.3.3 Déficit de vivienda

Desequilibrio resultante entre el número total de viviendas aceptables disponibles (parque habitacional aceptable) y el número total de hogares que requieren satisfacer la necesidad de habitar en alguna vivienda, aunado a las viviendas cuyos componentes principales o son de materiales no duraderos o se encuentra(n) en un estado de deterioro.

El déficit de vivienda se obtiene de la diferencia del total de hogares y el total de viviendas, éste resultado representa el número de viviendas faltantes para satisfacer la demanda de hogares. A este resultado se le suman las viviendas construidas con material de desecho y lámina de cartón, así como las viviendas con piso de tierra. El resultado representa tanto las viviendas nuevas que se requieren, sumado a las viviendas que necesitan mejoramiento. Para efectos de esta metodología el resultado deberá ser un porcentaje.

El cálculo de este déficit se realiza mediante la siguiente expresión algebraica:

Fórmula	$DV = \frac{TH - TVPH + TVPMD + TVPT}{TVPH} \times 100$
	<p>Donde: DV = Déficit de Vivienda TH = Total de Hogares TVPH = Total de Viviendas Particulares Habitadas TVPMD = Total de Viviendas Particulares Habitadas con Paredes de Material de desecho y lámina de cartón TVPT = Total de Viviendas Particulares Habitadas con Piso de Tierra</p>

El déficit de vivienda es el resultado de un explosivo crecimiento demográfico, la inequitativa distribución de la riqueza, la falta de financiamiento de algunos sectores de la población para poder adquirir una vivienda. Además, el problema no sólo se remite a la insuficiencia de la vivienda sino también a las condiciones de la misma.

Tabla 41. Calculo del déficit de vivienda

TH	TVPH	TVPMD	TVPT
12,218.00	12,211.00	679	81
7		760	
767			
0.062812218			
6.28%			

Para el caso del déficit de vivienda, se consideró la siguiente ponderación, resultado para el municipio de Atenco un déficit de vivienda **MUY BAJO**.

Tabla 42. Clasificación del déficit de vivienda

DEFICIT DE VIVIENDA	CONDICION DE VULNERABILIDAD	VALOR ASIGNADO
1.63 a 13.72	Muy Baja	0.00
13.73 a 25.81	Baja	0.25
25.82 a 37.90	Media	0.50
37.91 a 49.99	Alta	0.75
50.0 o mas	Muy Alta	1.00

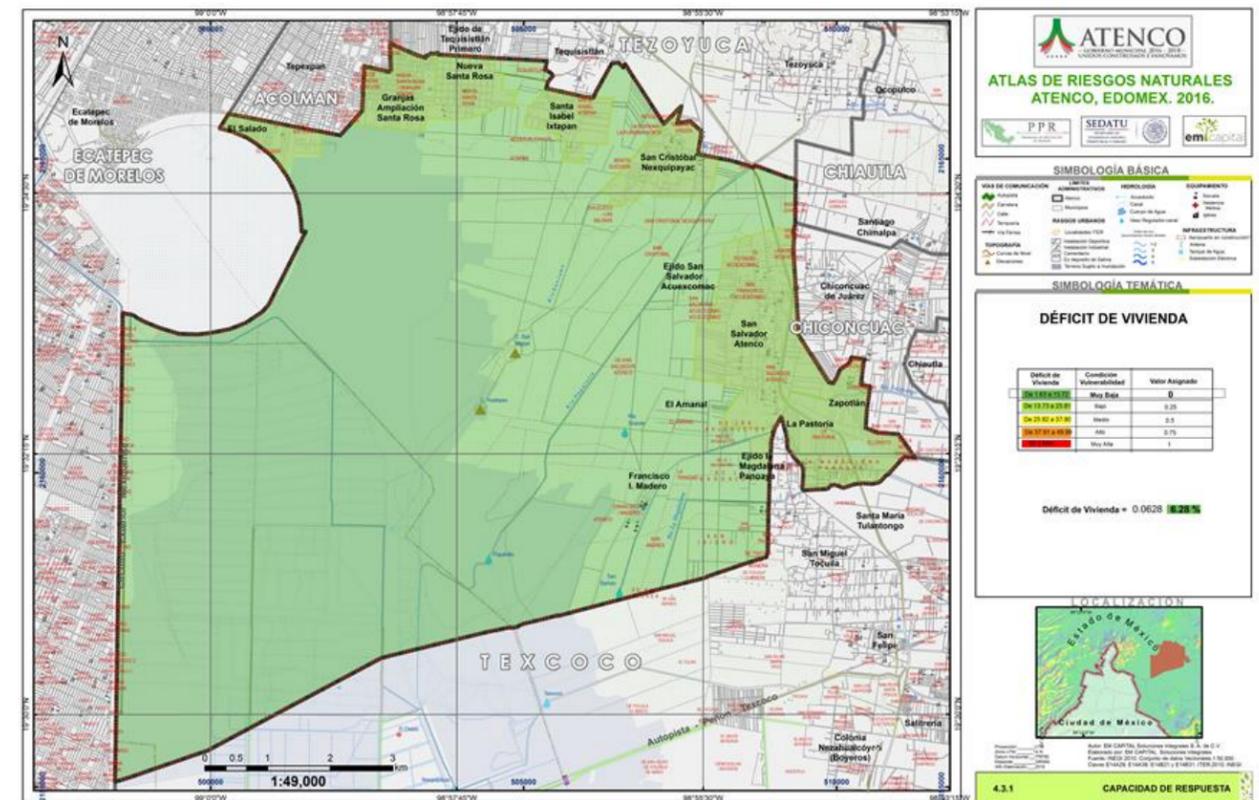


Figura 36. Mapa de Déficit de vivienda

4.4 Empleo e ingresos

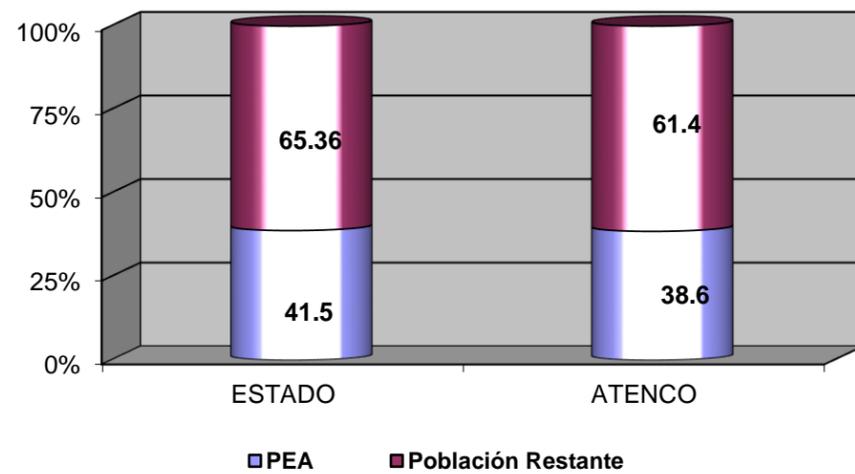
Durante 1970 la Población Económicamente Activa (PEA) representó el 23.7% de la población total del municipio, lo cual en términos absolutos representaron 2,516 habitantes, para 1980 la PEA mostró un ligero incremento en cuanto al porcentaje de la misma con respecto a la población total situándose en el 27.32%



y en números absolutos de 4,487 habitantes, para 1990 representaron un 26.65%, que en cifras reales fueron 5,452 habitantes, lo cual no muestra una variación considerable con las dos décadas anteriores, para el año 2010 la PEA muestra un incremento considerable ya que la misma representó un 33.89 % que se traduce en un total de 11,531 habitantes, lo cual nos muestra un incremento del 211.5% en una década.

Para el año 2010 se presentó un incremento aun mayor duplicando la cifra de una década anterior con un número de 21731 personas económicamente activas, siendo en porcentaje un 38.6%. Lo anterior, sin embargo, no reflejan una discrepancia importante con los porcentajes manifestados en el Estado de México, ya que la PEA del Estado comprende al 41.5 % de la población total.

RELACION DE LA PEA QUE REFIRIO LABORAR AL AÑO 2010



Grafica 16. Comparación de la (PEA) en el Municipio de Atenco y el Estado de México. Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de PMDU Atenco e INEGI.

Tabla 43. Distribución de la población por condición y participación de actividad económica según sexo

Indicadores de participación económica	Total	Hombres	Mujeres	% Hombres	% Mujeres
Población económicamente activa (PEA)(1)	21,731	15,174	6,557	69.83	30.17
Ocupada	20,677	14,275	6,402	69.04	30.96
Desocupada	1,054	899	155	85.29	14.71
Población no económicamente activa(2)	19,503	5,079	14,424	26.04	73.96
Total		Hombres	Mujeres		
	55.91	72.92	40.40		

Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de SNIM.

Tabla 44. Distribución de la población ocupada por situación en el trabajo según sexo. Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de SNIM

Situación en el trabajo	Total	Hombres	Mujeres	Representa de la población ocupada		
				Total	Hombres	Mujeres
Empleado(a) u obrero(a)	7,266	5,120	2,146	63.01%	44.40%	18.61%
Jornalero(a), peón o peona	391	382	9	3.39%	3.31%	0.08%
Patrón o patrona	84	78	6	0.73%	0.68%	0.05%
Trabajador(a) por su cuenta	3,048	2,375	673	26.43%	20.60%	5.84%
Trabajador(a) familiar sin pago	462	216	246	4.01%	1.87%	2.13%
No especificado	280	184	96	2.43%	1.60%	0.83%

Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de SNIM.

Tabla 45. Distribución de la población ocupada por ingresos mensuales según sexo.

Ingresos mensuales	Total	Hombres	Mujeres	Representa de la población ocupada		
				Total	Hombres	Mujeres
No recibe ingresos	640	339	301	5.55%	2.94%	2.61%
Hasta 1 salario mínimo	1,138	611	527	9.87%	5.30%	4.57%

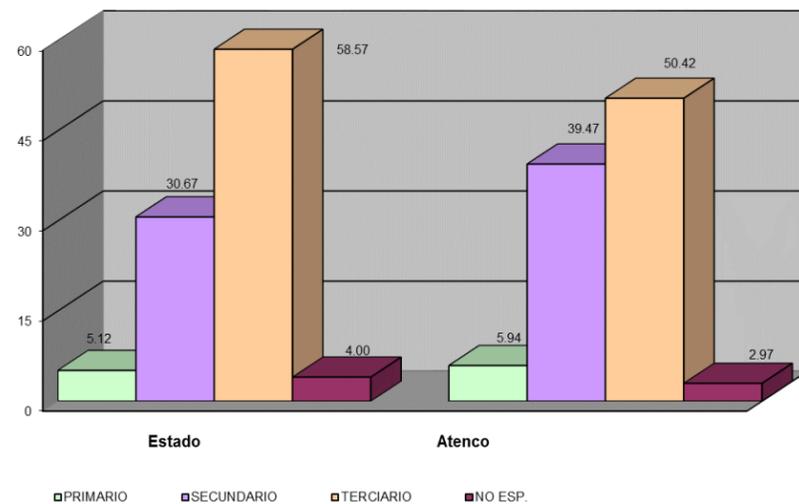


Más de 1 hasta 2 salarios mínimos	4,517	3,260	1,257	39.17%	28.27%	10.90%
Más de 2 hasta 3 salarios mínimos	2,374	2,066	308	20.59%	17.92%	2.67%
Más de 3 hasta 5 salarios mínimos	1,467	1,074	393	12.72%	9.31%	3.41%
Más de 5 hasta 10 salarios mínimos	504	406	98	4.37%	3.52%	0.85%
Más de 10 salarios mínimos	122	94	28	1.06%	0.82%	0.24%
No especificado	769	505	264	6.67%	4.38%	2.29%

Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de SNIM.

Es de suma importancia señalar que el municipio no cuenta con establecimientos industriales, comerciales y de servicios relevantes, por lo que la micro industria es fundamental para el sustento de más de 100 familias dedicadas a la fabricación de fajas de uso industrial, las cuales se elaboran mediante técnicas tradicionales. Actualmente existen alrededor de 70 talleres caseros.

Gran parte de la población dedicada a las actividades comerciales, industriales y de servicios labora en los municipios colindantes de Texcoco y Chiconcuac o en la misma Ciudad de México, lo cual se puede reflejar más claramente en los datos de los censos industriales de 1993 en el cual se indica que estos establecimientos industriales únicamente generaron 431 empleos, lo que representó 14.86% del requerimiento necesario para 1990, de igual forma los 381 establecimientos comerciales y de servicios registrados en 1993 incorporaron el 18.64% de la PEA.



Grafica 17. Distribución de la población económicamente activa por sector económico. Fuente: EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V. con datos de PMDU Atenco.

4.4.1 Sectores de ocupación porcentaje de ingresos de la PEA, razón de dependencia y tasa

La distribución de la PEA se asienta más en el sector terciario con un 50.42%, seguido de un 39.47% del sector secundario y un 5.94% en el sector primario, no especificados un 2.97% y desocupada un 1.20%; con lo anterior se observa cómo la población del municipio de Atenco prácticamente ha sido absorbida por la actividad terciaria, que se moviliza a diario hacia la zona metropolitana de la Ciudad de México, en contraposición a la actividad agropecuaria que descendió considerablemente.

Al igual que Texcoco, su economía estaba asociada al sector agrícola y ganadero, se transformó en los últimos 20 años contando con una población de 16,418 habitantes que se dedican en más del 30 por ciento al sector primario; para el año 2000 sólo representaban el 6 por ciento.

Atenco se caracteriza por ser un municipio dedicado a la pequeña industria manufacturera, donde la maquila es importante para la economía local, emplea a más de 3,565 personas, lo cual representa el 30.91 por ciento de la población ocupada (INEGI,2000).

El comercio y actividades relacionadas con la construcción y transporte son otras de las ramas de actividad de la población económicamente ocupada. Gran parte de la población dedicada a las actividades comerciales, industriales y de servicios labora en los municipios colindantes de Texcoco y Chiconcuac o en el área metropolitana del Valle de México, lo cual se puede reflejar más claramente en los datos de los censos industriales de 1993, donde se indica que estos establecimientos industriales generaron 431 empleos, lo que representó 14.86% del requerimiento necesario para 1990; de igual forma los 381 establecimientos comerciales y de servicios registrados en 1993 incorporaron el 18.64% de la PEA.

4.5 Equipamiento e infraestructura.

El diseño y definición del equipamiento municipal, (considerado como la sumatoria de todos los elementos que amueblan y conforman la infraestructura de la ciudad para el uso cotidiano por los habitantes), es una tarea altamente significativa para el buen funcionamiento de la dinámica urbana.

Cuanto mejores sean estos elementos, tanto en su funcionalidad como en su resolución formal, y mayores en número, más alta es la garantía de generar una ciudad viable e inclusiva; al mismo tiempo, cuanto mayor es la consistencia de los procesos de diseño, planificación y de implementación, más alto es el grado de identidad de la ciudad.

Se entiende por equipamiento el conjunto de recursos e instalaciones cubiertas y/o libres, fijas o móviles, con distintas jerarquías y grados de complejidad, prestados por el Estado u otros para satisfacer diferentes necesidades de la comunidad.

El equipamiento puede clasificarse según:



- Tipos de equipamiento según funciones: educativo, sanitario, administrativo, institucional, religioso, social, financiero, recreativo, deportivo, turístico, otros (que queden definidos por actividades diferentes de las residenciales o industriales). Tendríamos así guarderías, escuelas primarias, escuelas secundarias, institutos terciarios, hospitales, centros de salud, parroquias, municipalidades, etc.
- Tamaño en función de la demanda o necesidad, requerimiento de la cantidad de habitantes, tipo de población, edades, sexo, necesidades de salud, educación, administración etc.
- Espacios construidos y tributarios
- Estándares Capacidad y posibilidad de ampliación.
- Estado, vida útil remanente y grado de obsolescencia funcional y tecnológica.
- Características constructivas, funcionales, tecnológicas y tipológicas de los edificios e instalaciones.

Con respecto a la infraestructura urbana y la cobertura de servicios públicos, en Atenco puede ser considerado como aceptable, sin llegar a ser eficiente en 100 por ciento.

En 1990, el servicio de agua potable llegaba a más del 80% de las viviendas; para 1995 de las 5,700 viviendas registradas, 2,117 viviendas disponían de agua dentro de la vivienda, 3,305 dentro del terreno, pero fuera de la vivienda, 26 se abastecían de llave pública y tan sólo 249 no disponían de agua entubada.

Para el año 2000, el número de viviendas llegó a 7,038 y el 95.29% cuentan con agua (INEGI, 2000). El Centro Nacional de Desarrollo Municipal reporta una cobertura de viviendas con drenaje y agua entubada de 45.69%; viviendas con drenaje y electricidad de 76.84%; viviendas sin drenaje ni electricidad de 1.95%.³⁵

El sistema de agua potable del municipio se compone de nueve sistemas independientes que dotan de agua potable a las distintas comunidades; los servicios son administrados por comités vecinales. Se extraen del subsuelo más de 680 m³ diarios de agua para abastecer a la población municipal.

El INEGI reporta que tan sólo 349 viviendas carecen de dicho servicio. Pero información contenida en el Plan de Desarrollo Urbano de 2003 refiere más de 500 viviendas que no tienen agua entubada en la localidad, entre las que destacan la localidad de Granjas el Arenal; el abastecimiento a dicha comunidad se realiza mediante pipas particulares, provenientes del Ayuntamiento y otras localidades cercanas como Chiconcuac, Texcoco y Tezoyuca.

Comunidades como el Chileco, ejido de Nexquipayac y San Lazarito en el ejido de Acuexcomac, requieren de red de agua potable. En general se observa que en todo el territorio municipal es necesaria la ampliación de las redes de distribución del servicio de agua potable. El número de viviendas que carecen de agua potable es más de 800, según información del H. Ayuntamiento.

El municipio no cuenta con tanques de agua que coadyuven a la prestación del servicio. Actualmente en todas las comunidades del municipio el servicio es irregular y durante la época de secas la carencia del líquido aumenta considerablemente.

Los transportistas que se dedican al traslado de pasaje, transitan desordenadamente sin los permisos respectivos (placas), no respetan los requisitos de seguridad que establece el reglamento y la norma jurídica a nivel de Tránsito Estatal y Policía Federal de Caminos. El Municipio no cuenta con ninguna línea local, pero se ha adscrito a diversas líneas de auto transporte que circulan por las comunidades.

La principal vía pavimentada de comunicación la constituye la carretera Texcoco-Lechería; dicha vialidad es transitada por las empresas Valle de México, Teotihuacán e Ixtlixóchitl, cuyas rutas atraviesan el municipio en los principales puntos de acceso vial. Las comunidades que tiene este servicio son La Pastoría, San Fermín, Atenco, Acuexcomac, Santa Gertrudis y Nexquipayac.

La ruta de autobuses de San Juan Teotihuacán tiene su central en Texcoco y atraviesa por Atenco comunicando al Distrito Federal, teniendo su base en el paradero de Indios Verdes. La misma empresa provee de transporte terrestre en las rutas a Indios Verdes por Ecatepec y Santa Clara, así como la ruta que corre de Texcoco al Metro Martín Carrera. También existe una ruta de combis que va de Texcoco a Teotihuacán. La línea Autobuses del Valle de México tiene rutas que van de Texcoco a Venta de Carpio y San Cristóbal Ecatepec; además se presta servicio de transporte a las comunidades de Nexquipayac, Ixtapan, Santa Rosa y Acuexcomac en horarios accesibles y dentro de las tarifas estipuladas por las autoridades. Asimismo, las poblaciones de Santa Rosa e Ixtapan se han visto favorecidas por la introducción de rutas a Metro San Lázaro y Aragón.

Existe también una ruta de combis de la empresa Ixtlixóchitl que parte de Texcoco, sigue el camino antiguo a Pachuca pasando por Tocuila, San Andrés Riva Palacio y La Magdalena Panoaya, llega a Atenco para regresar nuevamente a Texcoco por la misma vía y ocasionalmente en días de mercado hay comunicación directa con Chiconcuac. Esa empresa presta servicio directo, comunicando a las comunidades de Atenco y la Colonia Francisco y Madero, así como al poblado de Zapotlán.

A continuación, se muestra el tipo y cantidad del equipamiento municipal en los sectores de educación y salud.

4.5.1 Salud

Por lo que se refiere a infraestructura del sector salud, el municipio cuenta con tres clínicas u hospitales de primer nivel, tres unidades médico familiares y una unidad básica de rehabilitación e integración familiar. Existen 11 médicos generales, no existen datos precisos de cuántos son especialistas. Los hospitales regionales que le corresponde a los derechohabientes del IMSS, ISSSTE e ISSEMYN se ubican en el municipio de Texcoco (Centro de Desarrollo Municipal 2000 y Plan Municipal de Desarrollo Urbano 2003).



Tabla 46. De equipamiento en materia de Salud en el municipio de Atenco, Estado de México

No.	ESTABLECIMIENTO	TIPO DE ACTIVIDAD	PERSONAS	ASENTAMIENTO	LOCALIDAD
1	Centro de salud rural disperso Nexquipayac	Clínicas de consultorios médicos del sector público	0 a 5 personas	COLONIA	San Cristóbal Nexquipayac
2	Clínica Hita	Clínicas de consultorios médicos del sector privado	0 a 5 personas	PUEBLO	San Salvador Atenco
3	Centro gineco obstétrico Atenco	Consultorios de medicina especializada del sector privado	6 a 10 personas	COLONIA	San Salvador Atenco
4	Delegación (servicio de vacunación)	Consultorios de medicina general del sector público	0 a 5 personas	PUEBLO	Santa Isabel Ixtapan
5	Centro de atención primaria a la salud	Consultorios de medicina general del sector público	31 a 50 personas	COLONIA	Granjas Ampliación Santa Rosa
6	Consultorio médico sin nombre	Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	COLONIA	Nueva Santa Rosa
7	Consultorio médico sin nombre	Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	COLONIA	San Salvador Atenco
8	Consultorio médico	Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	PUEBLO	Santa Isabel Ixtapan
9	Consultorio médico sin nombre	Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	COLONIA	San Cristóbal Nexquipayac
10	Consultorio médico sin nombre	Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	PUEBLO	Santa Isabel Ixtapan
11	Consultorio médico de displasias vida	Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	COLONIA	San Cristóbal Nexquipayac
12	Consultorio médico sin nombre	Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	PUEBLO	San Salvador Atenco
13	Centro de salud rural disperso Santa Isabel Ixtapan	Consultorios de medicina general del sector privado	11 a 30 personas	PUEBLO	Santa Isabel Ixtapan
14	Consultorio médico	Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	PUEBLO	Santa Isabel Ixtapan

15	Consultorio médico de la luz	Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	COLONIA	Granjas Ampliación Santa Rosa
16	Consultorio médico sin nombre	Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	PUEBLO	San Salvador Atenco
17	Consultorio Jesús	Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	COLONIA	San Salvador Atenco
18	Consultorio médico de farmacia de Doctor Little	Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	PUEBLO	Santa Isabel Ixtapan
19	Consultorio sin nombre	Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	COLONIA	San Cristóbal Nexquipayac
20	Consultorios de medicina general del Sector privado	Consultorios de medicina general del sector privado	0 a 5 personas	PUEBLO	San Salvador Atenco
21	Sanatorio los Ángeles	Hospitales del sector privado de otras especialidades médicas	0 a 5 personas	COLONIA	San Salvador Atenco
22	CEAPS Atenco salubridad	Hospitales generales del sector público	51 a 100 personas	PUEBLO	San Salvador Atenco
23	Unidad de Medicina Familiar No. 82	Hospitales generales del sector público	11 a 30 personas	PUEBLO	San Salvador Atenco
24	Centro de salud Acuexcomac	Hospitales generales del sector público	6 a 10 personas	COLONIA	San Salvador Atenco
25	Centro de salud Santa Rosa	Hospitales generales del sector público	6 a 10 personas	COLONIA	Nueva Santa Rosa

Fuente: Elaboración EM Capital. Con datos del DENUE 2014 de INEGI.

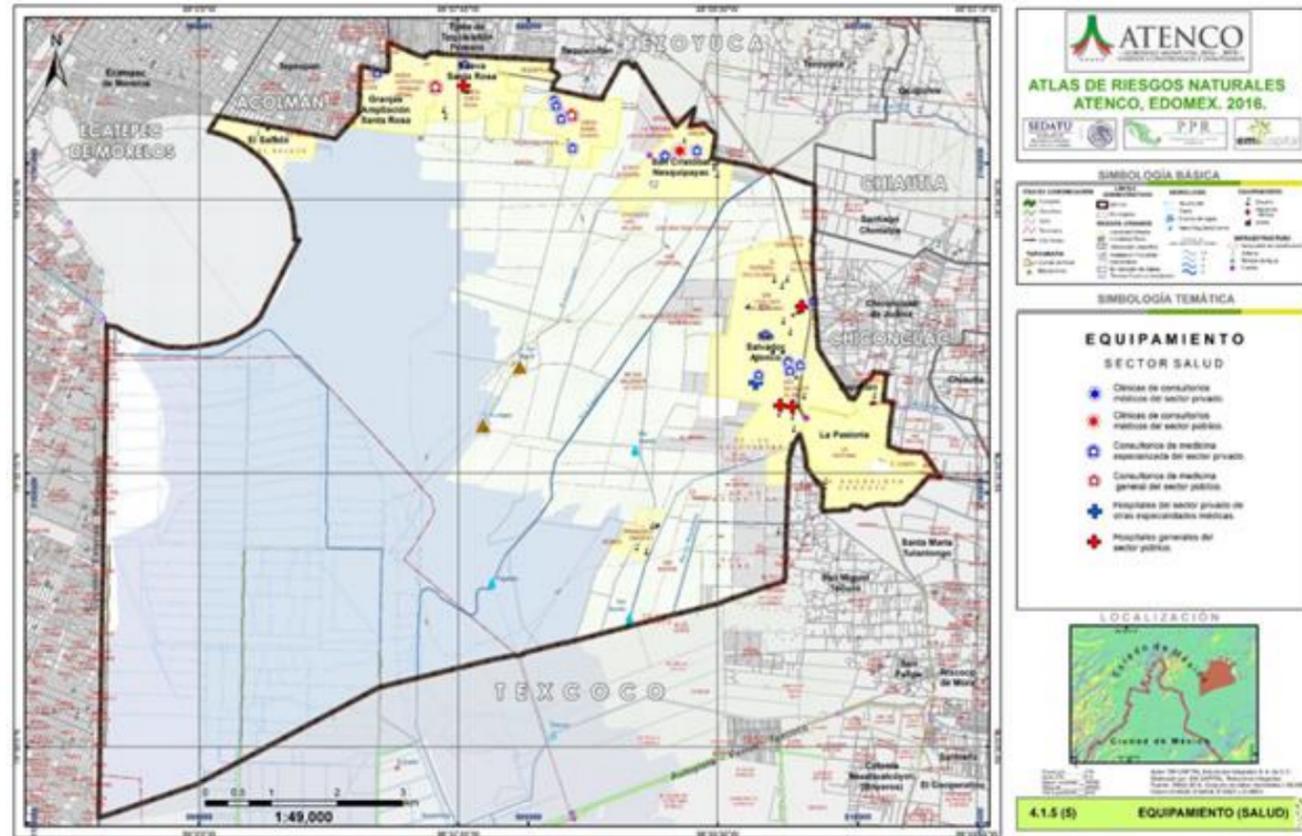


Figura 37. Mapa de equipamiento en materia de Salud

4.5.2 Educativo

En lo que respecta a educación, existen 35 escuelas dedicadas a la educación básica (preescolar, primaria, secundaria) y tres dedicadas a la educación media superior (bachillerato); no existen escuelas para la capacitación del trabajo u oficio.

Se estima una cobertura de más del 75 por ciento en los distintos niveles educativos (Centro de Desarrollo Municipal, 2000). El municipio cuenta con el 95.52 por ciento de alfabetizados, la población analfabeta es de 972 habitantes mayores de quince años, lo que representa el 4.4 por ciento de analfabetas en el municipio.

Tabla 47. De equipamiento en materia de Educación en el municipio de Atenco, Estado de México

NO.	ESTABLECIMIENTO	TIPO DE ACTIVIDAD	PERSONAS	ASENTAMIENTO
1	Escuela preparatoria Oficial No. 270	Escuelas de educación media superior del sector público	31 a 50 personas	Santa Isabel Ixtapan
2	Escuela preparatoria Oficial No. 13	Escuelas de educación media superior del sector público	51 a 100 personas	San Salvador Atenco
3	Escuela preparatoria Oficial No. 142	Escuelas de educación media superior del sector público	11 a 30 personas	San Cristóbal Nexquipayac
4	Kínder Federal Prof. Feliciano Herrera CCT	Escuelas de educación preescolar del sector público	11 a 30 personas	San Salvador Atenco
5	Jardín de Niños Enrique Rebsamen	Escuelas de educación preescolar del sector público	11 a 30 personas	Nueva Santa Rosa
6	Jardín de Niños Rosario Castellanos	Escuelas de educación preescolar del sector público	0 a 5 personas	San Cristóbal Nexquipayac
7	Jardín de Niños Amado Nervo	Escuelas de educación preescolar del sector público	6 a 10 personas	San Cristóbal Nexquipayac
9	Jardín de Niños Federico Froebel	Escuelas de educación preescolar del sector público	11 a 30 personas	San Salvador Atenco
10	Jardín de Niños José Martí	Escuelas de educación preescolar del sector público	6 a 10 personas	Nueva Santa Rosa
11	Jardín de Niños Juan Rulfo	Escuelas de educación preescolar del sector público	0 a 5 personas	San Cristóbal Nexquipayac
12	Jardín de Niños Agustín de Iturbide	Escuelas de educación preescolar del sector público	6 a 10 personas	Santa Isabel Ixtapan
13	Kínder Ángel	Escuelas de educación preescolar del sector privado	0 a 5 personas	Nueva Santa Rosa
14	Jardín de Niños Ignacio Manuel Altamirano	Escuelas de educación preescolar del sector privado	6 a 10 personas	San Salvador Atenco
15	Jardín de Niños Britania	Escuelas de educación preescolar del sector privado	0 a 5 personas	San Cristóbal Nexquipayac
16	Jardín de Niños Netzahualcóyotl	Escuelas de educación preescolar del sector privado	0 a 5 personas	San Salvador Atenco
17	Centro de talleres infantiles Casa de la Cultura	Escuelas de educación preescolar del sector privado	0 a 5 personas	San Salvador Atenco
18	Jardín de Niños Francisco Gabilondo Soler	Escuelas de educación preescolar del sector privado	0 a 5 personas	San Salvador Atenco



19	Kínder Niños Héroe	Escuelas de educación preescolar del sector privado	0 a 5 personas	San Salvador Atenco
20	Escuela primaria Francisco Javier Mina	Escuelas de educación primaria del sector público	11 a 30 personas	Nueva Santa Rosa
21	Escuela primaria General Nicolás Romero	Escuelas de educación primaria del sector público	11 a 30 personas	Nueva Santa Rosa
22	Escuela primaria Vicente Guerrero	Escuelas de educación primaria del sector público	11 a 30 personas	San Salvador Atenco
23	Escuela Primaria Benito Juárez	Escuelas de educación primaria del sector público	31 a 50 personas	San Salvador Atenco
24	Escuela primaria Doctor Néstor Herrera	Escuelas de educación primaria del sector público	11 a 30 personas	San Salvador Atenco
25	Escuela Primaria Ricardo Flores Magón	Escuelas de educación primaria del sector público	6 a 10 personas	Santa Isabel Ixtapan
26	Escuela Maestro Rafael Ramírez	Escuelas de educación primaria del sector público	6 a 10 personas	Santa Isabel Ixtapan
29	Escuela primaria Lázaro Cárdenas	Escuelas de educación primaria del sector público	11 a 30 personas	San Cristóbal Nexquipayac
30	Escuela primaria Pentatlón deportivo militar universitario	Escuelas de educación primaria del sector público	6 a 10 personas	San Cristóbal Nexquipayac
33	Escuela primaria Justo Sierra	Escuelas de educación primaria del sector público	6 a 10 personas	Santa Isabel Ixtapan
34	Centro pedagógico Cristóbal Colon	Escuelas de educación primaria del sector privado	11 a 30 personas	Nueva Santa Rosa
35	Escuela telesecundaria oficial No. 104. Salvador Novo	Escuelas de educación secundaria general del sector público	6 a 10 personas	San Cristóbal Nexquipayac
36	Escuela secundaria oficial No. 1060	Escuelas de educación secundaria general del sector público	6 a 10 personas	Santa Isabel Ixtapan
37	Escuela oficial No. 939. Secundaria Mariano Riva Palacio	Escuelas de educación secundaria general del sector público	11 a 30 personas	Nueva Santa Rosa
38	Escuela secundaria Rafael Ramírez	Escuelas de educación secundaria general del sector público	6 a 10 personas	San Salvador Atenco
39	Escuela secundaria José María Pino Suarez No. 332	Escuelas de educación secundaria general del sector público	11 a 30 personas	Nueva Santa Rosa
40	Escuela secundaria Acuexcomac	Escuelas de educación secundaria general del sector público	11 a 30 personas	San Salvador Atenco

41	Secundaria oficial No.590 Francisco Villa	Escuelas de educación secundaria general del sector público	6 a 10 personas	San Cristóbal Nexquipayac
42	Escuela ESTIC No. 44 tierra y libertad	Escuelas de educación secundaria técnica del sector público	11 a 30 personas	San Salvador Atenco
43	Unidad de Estudios Superiores Atenco	Escuelas de educación superior del sector público	11 a 30 personas	Santa Isabel Ixtapan
44	INEA	Escuelas del sector público que combinan diversos niveles de educación	0 a 5 personas	Nueva Santa Rosa
45	INEA	Escuelas del sector público que combinan diversos niveles de educación	0 a 5 personas	Granjas Ampliación Santa Rosa

Fuente: Elaboración EM Capital. Con datos del DENUE 2014 de INEGI.

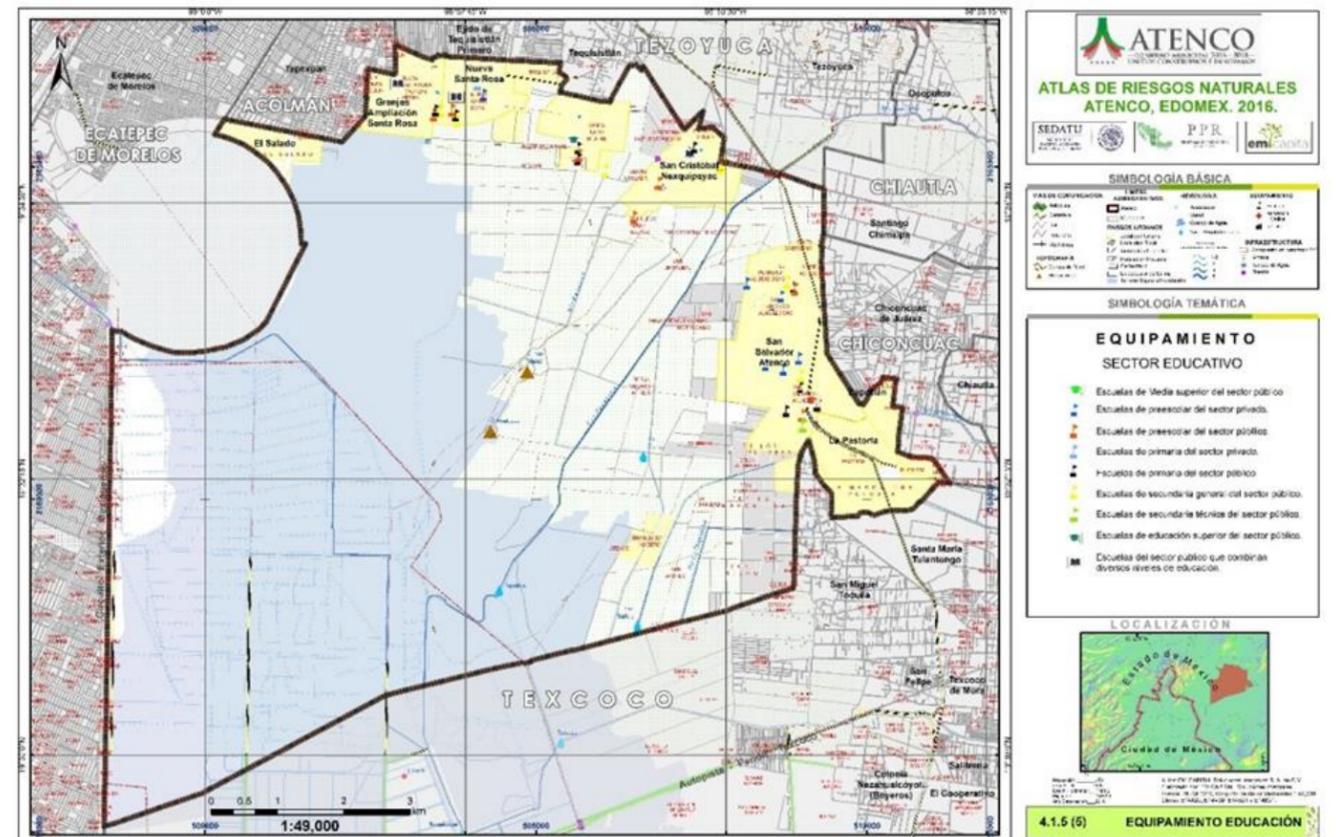


Figura 38. Mapa de equipamiento en materia de Educación



4.5.3 Recreativo y/o de esparcimiento (plazas, centros comerciales, teatros, cines, auditorios, etc.).

El municipio de Atenco cuenta con limitados espacios recreativos y centros comerciales, asimismo cuenta con una cantidad limitada de plazas cívicas como se muestra en el siguiente cuadro y mapa.

Tabla 48. Equipamiento e infraestructura recreativa y de esparcimiento

PARQUE ECOLOGICO
Parque ejidal Los Ahuehuetes o Acatetelco
AUDITORIOS/AREA DE FERIAS Y EXPOSICIONES
Auditorio Municipal
Salón Agrario Ejidal
PLAZAS CIVICAS
Plaza Civica Municipal
Plaza Civica Sta. Rosa

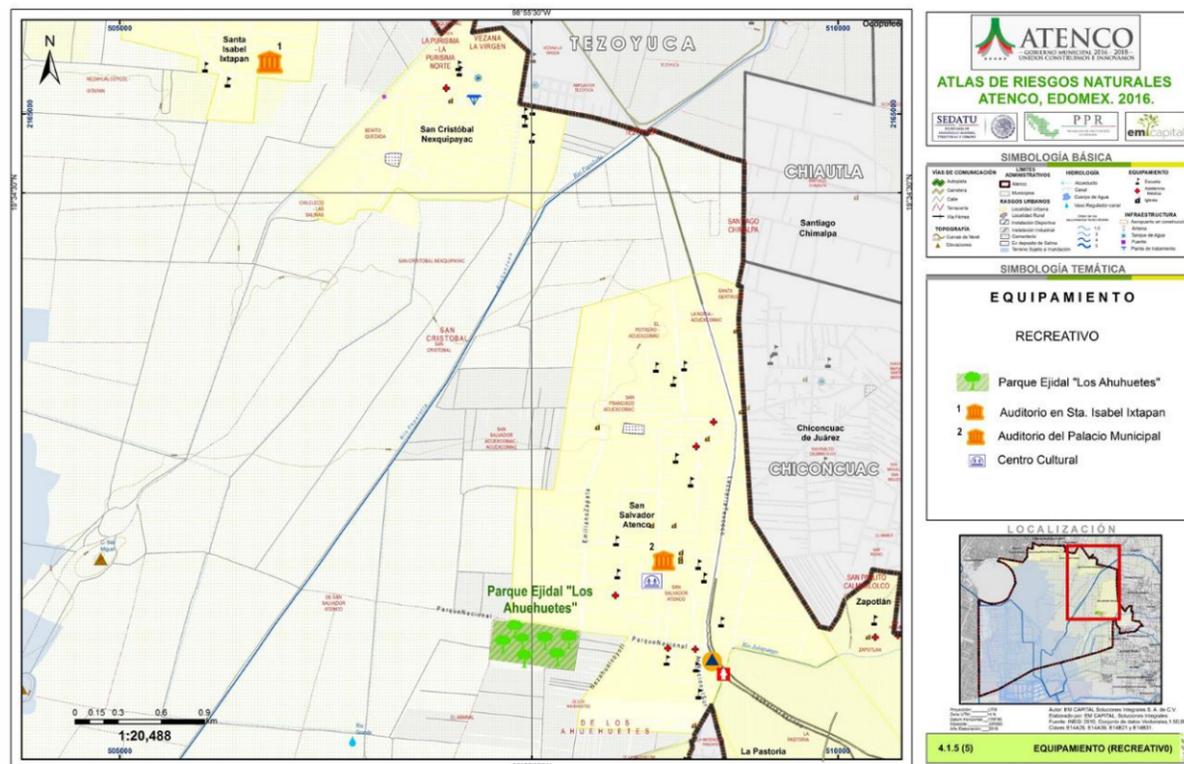


Figura 39. Mapa de espacios recreativos y/o de esparcimiento (plazas, centros comerciales, teatros, cines auditorios)

4.5.4 Estación de bomberos, seguridad pública, albergues, ruta de evacuación, etc.

El municipio de Atenco, estado de México, cuenta con una estación central de bomberos que a la vez alberga la unidad central de Protección Civil ubicada en la cabecera municipal de San Salvador Atenco además de una subestación de bomberos ubicada en la localidad Santa Rosa, en ambas laboran un total de entre 15 y 20 elementos en turnos de 24/24 además de entre 6 a 10 voluntarios.

Tanto bomberos como protección civil tienen a su disposición un total de siete vehículos motorizados para realizar sus actividades, todos ellos en condiciones de gran desgaste y con falta de mantenimiento, asimismo el equipo operativo con el que se cuenta es ya muy viejo por lo que resulta imperante que la administración en turno sume esfuerzos para proporcionar más y mejores equipos a estos cuerpos de emergencia.

- autobombas
- vehículos todo terreno
- 2 ambulancias de atención pre hospitalaria Básica y
- 1 vehículo administrativo

Además de Protección Civil y Bomberos no existen corporaciones que brinden asistencia de urgencia.

En materia de Seguridad Pública el municipio de Atenco cuenta con cinco módulos de atención ubicados en las localidades de Acuexcomac, Zapotlan, Nexquipayac, Santa Rosa y El Salado, además se cuenta con una unidad central o dirección ubicada en el edificio de la presidencia en la cabecera municipal.

En estas unidades de Seguridad Publica laboran en promedio un total de poco más de 120 elementos.

Los protocolos de emergencia que operan en el interior del territorio municipal consideran y ubican tres albergues que en caso de desastre operan, dos de éstos se ubican en la cabecera municipal y corresponden a las instalaciones del Centro cultural y el Auditorio del palacio municipal. El tercer albergue, se ubica en el Auditorio de la localidad de Ixtapan.

Finalmente se tiene identificada a la carretera No. 142 Lechería- Texcoco como la principal vialidad por donde evacuar a la población en caso de desastre mayor.

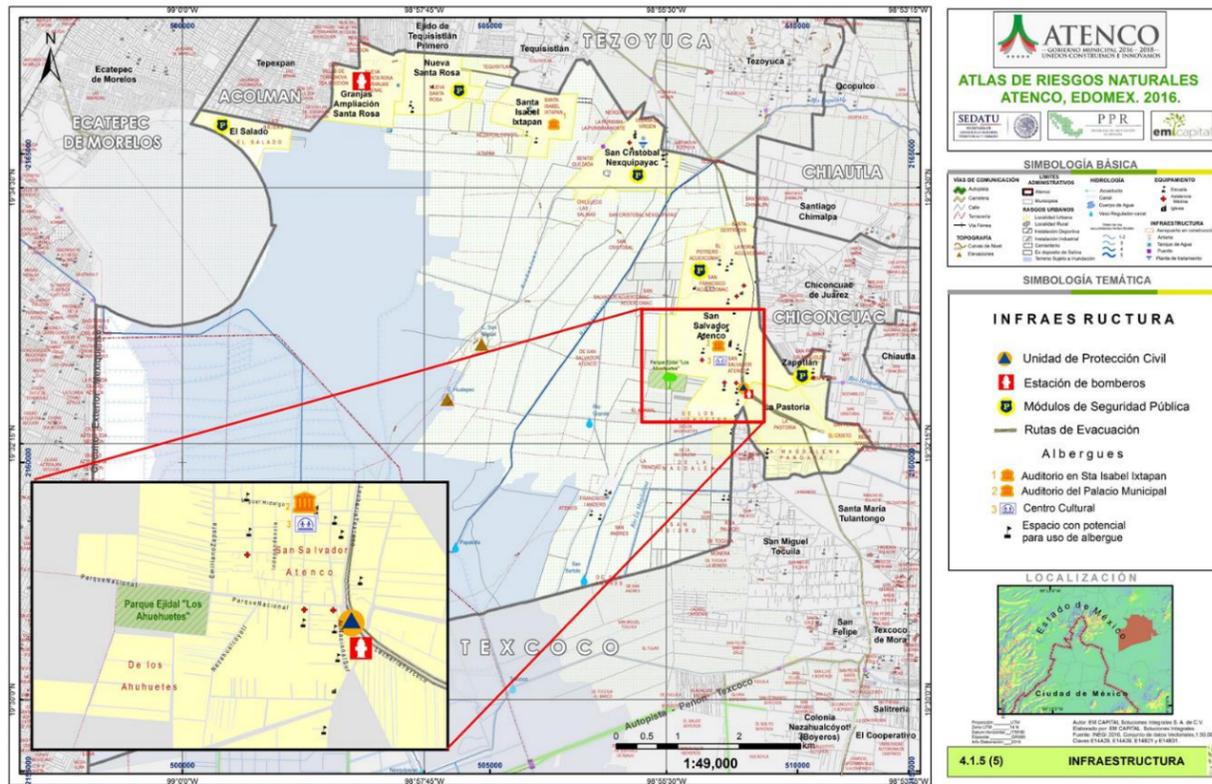


Figura 40. Mapa de Estación de Bomberos, Seguridad Pública, albergues y ruta de evacuación

4.5.5 Presas, líneas de conducción de gas y combustible, plantas de tratamiento, estaciones eléctricas, etc.

4.6 Identificar reserva territorial y si es parte de una Zona Metropolitana mencionar las conurbaciones principales.

Se define como zona metropolitana al conjunto de dos o más municipios donde se localiza una ciudad de 50 mil o más habitantes, cuya área urbana, funciones y actividades rebasan el límite del municipio que originalmente la contenía, incorporando como parte de sí misma o de su área de influencia directa a municipios vecinos, predominantemente urbanos, con los que mantiene un alto grado de integración socioeconómica. También se incluyen a aquellos municipios que por sus características particulares son relevantes para la planeación y políticas urbanas de las zonas metropolitanas en cuestión.

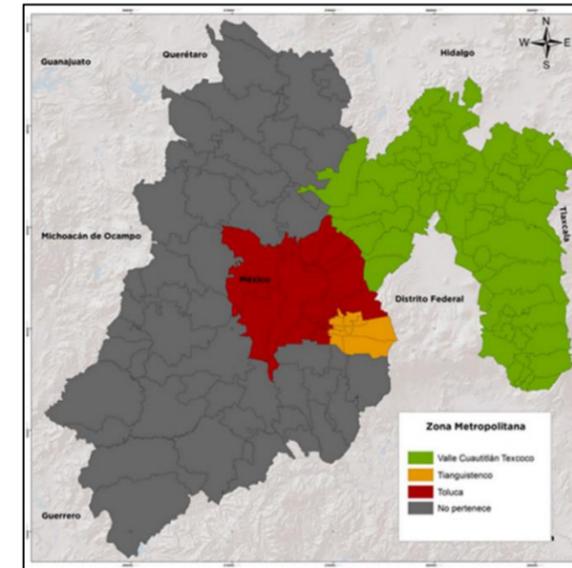


Figura 41. Zonas metropolitanas del Estado de México. Fuente: Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Atenco, Estado de México

Está conformada por 59 municipios mexiquenses con 12 millones 181 mil 483 habitantes (2014).

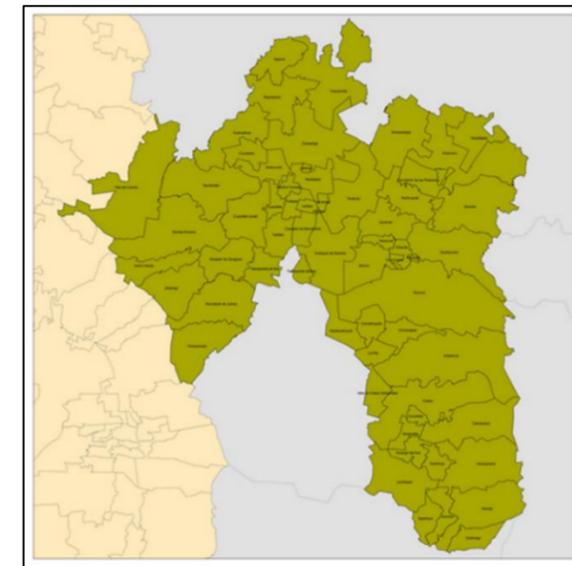


Figura 42. Zona metropolitana de Cuautitlán -Texcoco. Fuente: Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Atenco, Estado de México



El municipio se localiza dentro de la principal concentración demográfica del país, la región Valle Cuautitlán- Texcoco (VCT), específicamente Atenco se ubica al oriente de la Ciudad de México (el mercado económico más importante del país) y la costa del Golfo de México.

Asimismo, permite conexión a través de las vialidades como la carretera Lechería - Texcoco la unión de regiones importantes como Puebla, Hidalgo y Querétaro. Esta situación le proporciona una posición estratégica como eje dinámico de desarrollo económico y urbano. Por lo anterior y dada la importancia de los equipamientos existentes en el municipio de Texcoco, el municipio de Atenco se manifiesta como un elemento de suma importancia para el desarrollo no sólo de la región Cuautitlán- Texcoco, sino también de la Zona Metropolitana del Valle de México. Y se convierte en un municipio estratégico para el desarrollo integral de la zona que si bien no es el municipio el destino primordial de los usuarios, mercancías y dinámica se convierte en una zona primordial para dotar de servicios y mano de obra calificada.

4.7 Expansión de la Ciudad 1980-2010 (elaborar mapa identificando la expansión de la ciudad incluyendo año, población y superficie).

En 1970, el Municipio de Atenco contaba con 10,616 habitantes, de los cuales, apenas un 25% se concentraban en la cabecera municipal San Salvador Atenco. Para 1980 la población aumentó a 16,418 personas, de las cuales, poco más de 7 mil se concentraban en las comunidades vecinas de Atenco y Acuexcomac.

Para 1990, los límites territoriales entre las poblaciones de Atenco y Acuexcomac desaparecieron para fines de contabilidad estadística y de planeación urbana, siendo el número de la población total municipal para el mismo año (1990) de 21,219 habitantes, de los cuales, aproximadamente un 45% se concentraba en las dos poblaciones mencionadas anteriormente. Hacia 1995 Atenco contaba con 27,988 habitantes, según indicadores del Censo de Población y Vivienda de 1995. Ya en el año 2000, tomando como base los datos del XII Censo Nacional de Población y Vivienda contabiliza para el municipio de Atenco a 34,435 habitantes.

Ya para el año 2000 la morfología de las localidades municipales había cambiado notoriamente; las colonias de San Miguel Arcángel y San Miguel Chiconcuac, por ejemplo, actualmente están reconocidas como territorio de Chiconcuac; por otra parte, los asentamientos conocidos como Los Hornos y San Bartolo, se han incorporado al área de Santa Rosa. Al oriente del Municipio destaca particularmente el caso de la Colonia La Pastoría, próxima a la cabecera de San Salvador Atenco; mientras que, en el Norte, la Colonia Nueva Santa Rosa, aledaña a la población de Ixtapan, en los últimos 5 años ha crecido de una forma anárquica y acelerada con nuevos núcleos poblacionales (asentamientos irregulares).

El análisis espacial que se muestra en la siguiente figura, muestra la importante expansión que las localidades urbanas han tenido a lo largo de 36 años de historia, asimismo, se observa la creación y

expansión acelerada de localidades como el Salado, la Pastora y Granjas ampliación Santa Rosa, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 49. Expansión de la ciudad en 36 años de análisis

AÑO	EXPANSIÓN	
	ha	Km ²
1980	408.29	40,829
2016	1,339.61	133,961

Fuente: EM Capital Soluciones integrales

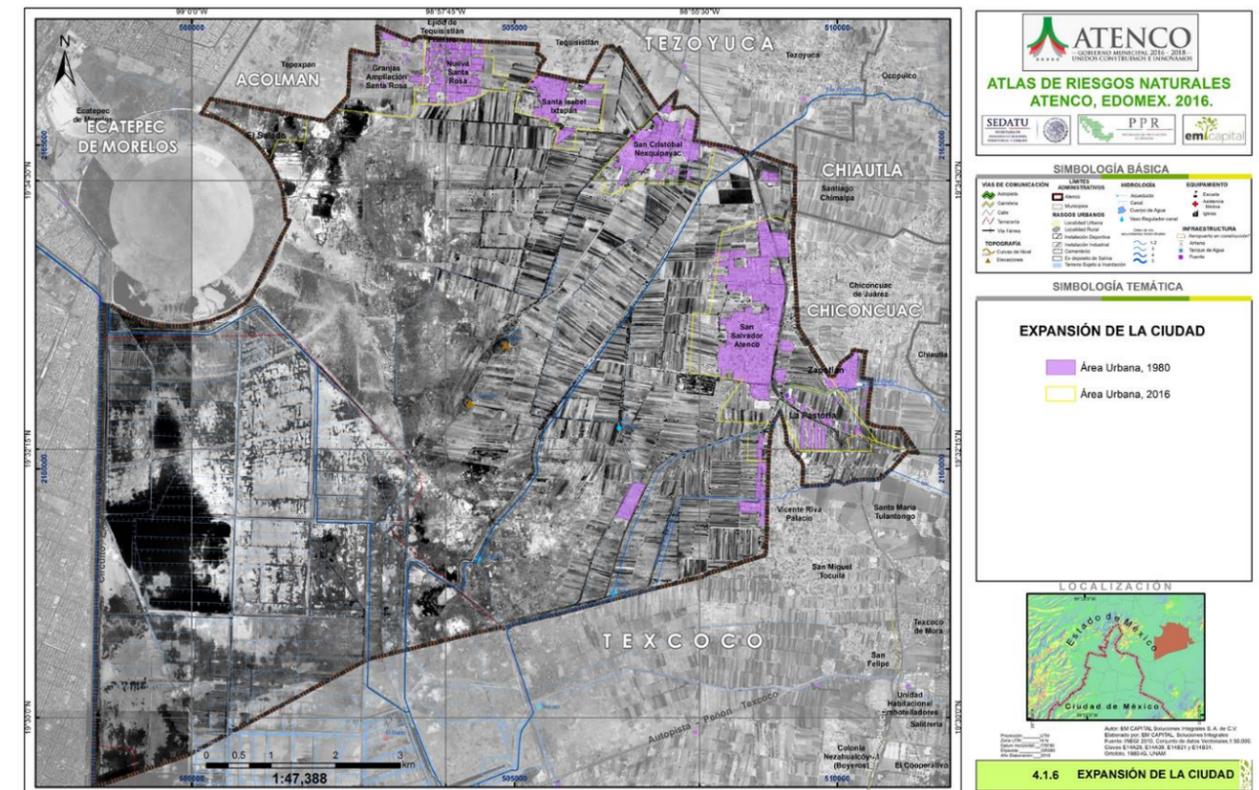


Figura 43. Expansión de la Ciudad 1980-2016



Tabla 50. Crecimiento y expansión de la Ciudad por localidad

LOCALIDADES	AÑOS			
	1980		2016	
	ha	km ²	ha	km ²
San Salvador Atenco	180.66	1.806	420.54	4.205
San Cristóbal Nexquipayac	73.76	0.737	151.64	1.516
Santa Isabel Ixtapa	37.46	0.374	99.91	0.999
La pastoría	33.95	0.339	95.27	0.952
Nueva Santa Rosa	-	-	105.89	1.058
Granjas ampliación Santa Rosa	-	-	126.88	1.268

FASE II. IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS Y PELIGROS, ANTE FENÓMENOS PERTURBADORES DE ORIGEN NATURAL.

5.1 Fenómenos Geológicos

Aquellos fenómenos en los que intervienen la dinámica y los materiales del interior de la Tierra o de la superficie de ésta son denominados fenómenos geológicos, los cuales, para nuestros fines, pueden clasificarse de la siguiente manera: sismicidad, vulcanismo, tsunamis y movimientos de laderas y suelos.

Estos fenómenos han estado presentes a lo largo de toda la historia geológica del planeta y, por tanto, seguirán presentándose obedeciendo a patrones de ocurrencia similares. La sismicidad y el vulcanismo son consecuencia de la movilidad y de las altas temperaturas de los materiales en las capas intermedias de la Tierra, así como de la interacción de las placas tectónicas; se manifiestan en áreas o sectores bien definidos. Los tsunamis, también conocidos como maremotos, aunque menos frecuentes que los sismos o las erupciones volcánicas, constituyen amenazas grandes particularmente para poblaciones e instalaciones costeras. Los más peligrosos para nuestro país son los que se originan como consecuencia de sismos de gran magnitud cuyo epicentro se encuentra a pocos kilómetros de la costa, en el océano Pacífico.

Otros fenómenos geológicos son propios de la superficie terrestre y son debidos esencialmente a la acción del intemperismo y la fuerza de gravedad, teniendo a ésta como factor determinante para la movilización masiva, ya sea de manera lenta o repentina, de masas de roca o sedimentos con poca cohesión en

pendientes pronunciadas. En ocasiones estos deslizamientos o colapsos también son provocados por sismos intensos. Muchas de las áreas habitadas por el hombre se localizan en valles aluviales, debido a la disponibilidad de campos planos y cultivables. Con el paso del tiempo y el aumento de la población, las corrientes superficiales de agua se vuelven insuficientes para el riego agrícola y el consumo humano, por lo que se recurre a extraer, cada vez en mayor proporción, agua del subsuelo.

Como consecuencia de esto, el terreno presenta gradualmente hundimientos y agrietamientos locales y regionales que llegan a afectar seriamente las edificaciones y la infraestructura. En las siguientes páginas se presenta una compilación de la información más relevante acerca de cada uno de los fenómenos mencionados, considerando lo sucedido en el pasado para estimar posibles escenarios futuros y orientar las acciones de prevención necesarias, en vista de la persistencia y tamaño de los fenómenos que individualmente o en conjunto influyen en la vida del hombre.

5.1.1 Vulcanismo

El peligro alrededor de un volcán se representa con base en el principio de que un volcán activo es capaz de repetir o exceder lo que ha hecho en el pasado. Un volcán es considerado activo o peligroso, es decir que tiene el potencial de producir nuevas erupciones, cuando ha mostrado algún tipo de actividad en aproximadamente los últimos 10,000 años.

Por lo que es necesario conocer los estudios geológicos de los depósitos de materiales arrojados en erupciones previas, siendo esto un indicador del nivel de peligro que el volcán ha sido capaz de generar en el pasado en el entorno del volcán. Los resultados de estos estudios se representan en mapas, en donde se muestran las dimensiones y los alcances más probables de las mayores manifestaciones volcánicas, ya que de las pequeñas es muy probable que no existan vestigios.

El daño causado por una erupción volcánica depende en primer lugar del tipo y magnitud de la erupción, de la distancia y vulnerabilidad del elemento en riesgo, de la fuente generadora o volcán, de la topografía, del viento y otras variables meteorológicas (Martínez-Bringas, *et al.*, 2006a).

En el municipio de Atenco el peligro volcánico está representado por las formaciones volcánicas de la Sierra de Guadalupe, la Sierra de las Cruces, la Sierra Chichinautzin, la Sierra Santa Catarina, y los volcanes Jocotitlán, Nevado de Toluca y Popocatepetl (Figura 6.2.1.1), ubicadas a distancias de entre 15 y 98 km del Municipio, encontrándose dentro de un radio de 100 km, que es la zona de influencia volcánica que representa algún tipo de amenaza, a corto o largo plazo (Martínez-Bringas, *et al.*, 2006a).

Debido a lo anterior, es necesario hacer el análisis de la actividad eruptiva pasada de las formaciones volcánicas cercanas al área, a fin de determinar si representan algún tipo de peligro para el Municipio.

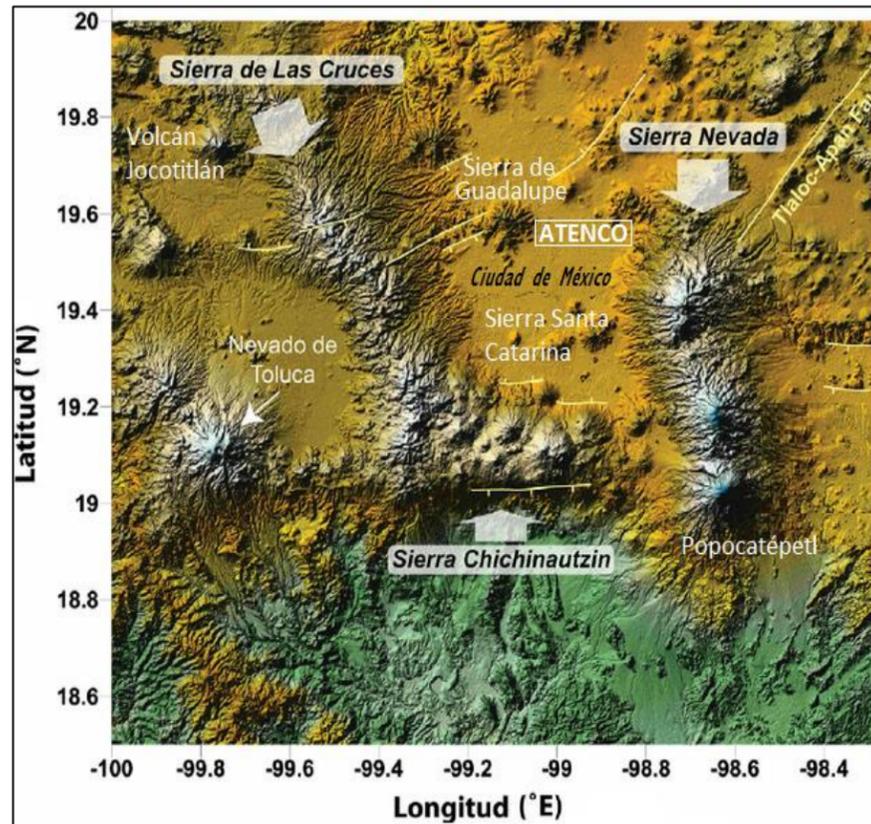


Figura 44. Ubicación de las formaciones volcánicas activas en un radio de 100 km del municipio de Atenco.

5.1.1.1. Sierra de Guadalupe

La Sierra de Guadalupe se localiza a alrededor de 20 km al Este-Noroeste de Atenco (Figura 6.2.1.1), está constituida por al menos 8 estratovolcanes que son, Guerrero, Zacatenco, Jaral, María Auxiliadora, Los Díaz, Tres Padres y Moctezuma. Estos volcanes fueron formados por fuertes erupciones explosivas, así como por domos resultado de la actividad extrusiva como son, el Gordo, Chiquihuite, Tepeyac, Tenayo, etc. (Lugo y Salinas, 1996), asociados a estas estructuras se encuentran depósitos de caída, avalanchas, lahares, flujos piroclásticos y de lava.

Las rocas que predominan en esta Sierra son las andesitas y en menor proporción riolitas y dacitas, lo que indica la alta actividad explosiva de esta Sierra (Ordoñez, 1895; Campa-Uranga, 1965; Lozano-Barraza, 1968). Se distinguen dos tipos de actividad volcánica, el primer tipo y más antiguo, se caracteriza por la ocurrencia de eventos explosivos de gran intensidad, que culminaron con procesos extrusivos, el segundo tipo lo representan los escasos procesos efusivos de corta extensión (Lugo y Salinas, 1996).

La actividad volcánica inició según estudios radiométricos (K-Ar) realizados en las rocas dacíticas, (Lozano-Barraza, 1968; Jacobo-Albarrán, 1985), hace aproximadamente 14 a 16 Ma (Mioceno), con la formación de la fosa Barrientos, a esta le siguió la formación de la caldera Cuauhtepac hace 5 Ma (Plioceno inferior); posteriormente la fosa Cuauhtepac, y los estratovolcanes y domos de la periferia. Siguió a estos la formación del volcán Moctezuma y un grupo de domos volcánicos que constituyen la zona más elevada de la Sierra (2800-3000 msnm), y la que produjo la mayor actividad volcánica (Lugo y Salinas, 1996; Lozano-Barraza, 1968; Mooser *et al.*, 1992).

Al parecer la última actividad eruptiva de Sierra de Guadalupe tuvo lugar hace aproximadamente entre 11,500 y 10,000 años (Pleistoceno superior), que dio como resultado la formación de un cono de escoria en el poblado de Guadalupe Victoria, (Campa-Uranga, 1965; Lozano-Barraza, 1968).

La actividad volcánica en la Sierra de Guadalupe inició aproximadamente hace de 16 Ma y aparentemente desde hace 10,000 años no se ha reportado nueva actividad, sin embargo, debido a la juventud de las unidades volcánicas, es posible que pudieran llegar a presentar algún tipo de actividad en el futuro. En la actualidad no ha sido registrada ningún tipo de actividad volcánica, por lo que no se considera que represente algún tipo de peligro a corto plazo para el municipio de Atenco.

5.1.1.2. Sierra de las Cruces

La Sierra de las Cruces se encuentra a aproximadamente 50 km al Oeste de Atenco (Figura 6.2.1.1), constituye el límite occidental de la Cuenca de México, su orientación es NNW-SSE con una longitud de 110km y de 47 a 27 km de ancho, se encuentra limitada al sur por la Sierra Chichinautzin.

Está formada por ocho estratovolcanes traslapados: de Sur a Norte son el Zempoala (3,690 msnm), La Corona (3,770 msnm); San Miguel (3,870 msnm) de edad entre 0.68 a 1.79 Ma (millones de años); Salazar (3,660 msnm); Chimalpa (3,420 msnm), de edad de 2.8 ± 0.15 a 3.04 ± 0.25 Ma; Iturbide (3,620 msnm) con edad de entre $38,590 \pm 3,210$ años y 2.90 ± 0.40 Ma; La Bufa (3,460 msnm); La Catedral (3,780 msnm) que es el más antiguo con 3.71 ± 0.40 Ma, y otros de menor dimensión como el volcán Ajusco (García-Palomo *et al.*, 2008; Romero Terán, 1998) (Figura 6.2.1.1).

La edad de la Sierra de las Cruces es considerablemente variable, de entre 3.7 Ma y 10,000 años, basada en estudios geocronológicos publicadas por diferentes autores (Mooser *et al.*, 1974; Nixon, 1987, 1988; Mora-Álvarez *et al.*, 1991; Osete *et al.*, 2000; Romero-Terán, 2001; Mejía *et al.*, 2005). La Sierra presentó una importante actividad hace entre 3.6 Ma y 10,000 años (Plioceno y Pleistoceno). Su actividad está representada por extensos derrames de lava y domos de composición andesítico-dacítica (Gunn y Mooser, 1970), que se alternan con flujos piroclásticos de bloques y cenizas, flujos de pómez, oleadas piroclásticas, depósitos de caída, flujos de detritos y lodo, así como repetidos colapsos que originaron depósitos de avalanchas de escombros (García-Palomo *et al.*, 2008). Cada volcán está formado por flujos piroclásticos



y depósitos de caída, flujos de lava, y las secuencias gruesas de lahares y depósitos de avalancha asociados en ocasiones con estructuras de colapso.

Se ha considerado que la Sierra de Las Cruces fue emplazada sobre fallas N-S, las cuales tuvieron una tasa de deformación menor con respecto a las fallas E-W, donde se emplazó el vulcanismo monogenético (Alaniz Álvarez *et al.*, 1998).

Morfológicamente la Sierra está conformada por tres grandes bloques denominados bloque norte, centro y sur, definidos con base en sus características morfotectónicas, y en las diferencias en patrones de drenaje, vulcanismo, edad y deformación, así como por la presencia de fallas (García-Palomo *et al.*, 2008; Mora Álvarez *et al.*, 1991; Osete *et al.*, 2000).

Debido a la edad de las formaciones volcánicas de la Sierra de las Cruces, que se reportan entre 3.7 Ma y 10,000 años, no se puede descartar que pudieran llegar a presentar algún tipo de actividad en el futuro. Sin embargo, en fechas recientes no se ha encontrado ningún vestigio de actividad volcánica, por lo que, de acuerdo con la información existente hasta esta fecha, no se considera que represente algún tipo de peligro a corto plazo para el municipio de Atenco.

5.1.1.3. Sierra Chichinautzin.

La Sierra Chichinautzin se localiza a aproximadamente 48 km al Sur-Sureste de Atenco. Está compuesta por más de 221 centros monogenéticos distribuidos en el Distrito Federal y en los estados de México y Morelos. Sus rocas varían de basaltos a dacitas, y ocupa una superficie de aproximadamente 2,400 km² (Márquez *et al.*, 1999). Se trata de un campo de conos cineríticos tipo plataforma, y terrenos volcánicos con una topografía relativamente plana asociados con extensos flujos de lava (Settle, 1979) (Figura 6.2.1.1).

La actividad volcánica de la Sierra se caracteriza por la formación de conos de escoria con flujos de lava asociados, y por volcanes tipo escudo y domos de lava (Martín del Pozzo *et al.*, 1982; Márquez *et al.*, 1999). Más de 180 de las 221 estructuras volcánicas que forman a la Sierra Chichinautzin constituyen conos cineríticos, formados durante erupciones estrombolianas moderadas o violentas. Alrededor de diez aparatos volcánicos son del tipo volcán escudo, constituidos por flujos de lava en cuya cima se localiza usualmente un cono de ceniza.

Los flujos de lava asociados a fisuras, se consideran producto de un vulcanismo de tipo hawaiano. Algunos ejemplos típicos de los flujos de lava se observan en el volcán Xitle (Márquez *et al.*, 1999). También se han identificado alrededor de diez domos de lava, formados por flujos de gran espesor, como es el domo Xicomulco (Cas y Wright, 1996). Asimismo, se presentan depósitos hidromagmáticos asociados a varios volcanes tipo escudo y a algunos conos cineríticos, esta posibilidad de erupciones hidromagmáticas aumenta el riesgo potencial en la región (Márquez *et al.*, 1999).

En la Sierra Chichinautzin se distinguen tres etapas de manifestaciones volcánicas: 1) consistente en la emisión de andesitas y dacitas de edad entre 30,000 y 23,000 años; 2) emisión de basaltos a dacitas de 22,000 a 4,000 años de edad; y 3) la emisión de basaltos que inició hace aproximadamente 3,000 años y se desconoce si continúa en la actualidad (Kirianov *et al.*, 1990).

La Sierra Chichinautzin tiene una edad de menos de 10,000 años, por lo que es considerada activa. Sin embargo, al igual que en el caso de las Sierras mencionadas anteriormente, en fechas recientes no se ha encontrado ningún vestigio de actividad volcánica, por lo que no se considera que represente algún tipo de peligro a corto plazo para Atenco.

5.1.1.4. Sierra Santa Catarina.

La Sierra Santa Catarina se encuentra a 25 km al Sureste del municipio de Atenco (Figura 6.2.1.1), tiene una extensión de 12 km y una orientación de SE-NE, su elevación es de 2750 msnm, y presenta una serie de once conos cineríticos bien conservados, de los cuales tres han sido intensamente explotados como banco de material. Además, se encuentran siete volcanes principales (Yuhualixqui, Xaltepec, Tetecón, Mazatepec, Tecuatzi, Guadalupe y La Caldera) (Huizar, 1998).

La topografía de la Sierra Santa Catarina es muy irregular, pero de suaves pendientes, está constituida por rocas derrames de lava que se alternan con material piroclástico (escoria, tezontle). Por su composición y posición se ha considerado contemporánea de la Sierra Chichinautzin (Mooser, 1975), que representa la etapa de actividad volcánica más joven de la Cuenca de México. Con base en su morfología se le ha estimado una edad de entre 13,000 y 15,000 años, y se considera que probablemente su actividad aún no ha terminado (Lugo *et al.*, 1994).

Mooser (1990) atribuyó el origen de la Sierra, a la presencia de un sistema de fallas con dirección ENE, y en particular a una falla principal inclinada al Sur, y a una secundaria casi paralela a la anterior con inclinación hacia el norte. La primera se relaciona con el volcán Yuhualixqui y a una serie de conos, que corresponden a los elementos más antiguos de la Sierra, mientras que la segunda más joven corresponde a los volcanes actuales. La Sierra surgió en una zona de debilidad e inició su formación en el occidente con el volcán Yuhualixqui, y culminó en el oriente con el domo Tecuatzi, aparentemente en un periodo breve (Lugo *et al.*, 1994).

Por la juventud de esta unidad volcánica, no se puede descartar que sea activa; sin embargo, en fechas recientes no se ha encontrado ningún vestigio de actividad volcánica, por lo que no se considera que representen algún tipo de peligro a corto plazo para el municipio de Atenco.



5.1.1.5. Volcán Jocotitlán.

El volcán Jocotitlán se localiza a 90 km al Noroeste de Atenco. Es de tipo estratovolcán aislado, su morfología es intermedia entre un estratovolcán y un domo complejo, su altitud es de 3950 msnm, y fue construido durante el Pleistoceno y consiste principalmente en flujos de lava de dacita andesítico (Siebe *et al.*, 1992).

Se considera que originalmente surgió de una erupción pliniana explosiva, la cual fue seguida por el emplazamiento de un complejo de domos dacíticos, acompañado por la efusión de lava, piedra pómez, y oleadas piroclásticas. La característica más prominente del volcán es el escarpe en forma de herradura abierta al NE que se formó como resultado de un colapso gravitacional de la cumbre, que dio lugar a una avalancha de escombros hace 9,690±80 años (Holoceno temprano). El depósito de la avalancha cubre un área de 80 km², e incluye 256 montículos con tamaños de 1 a 2.7 km, de forma cónica o alargados, y los más alejados de la fuente son más pequeños y de forma irregular, y consisten de lava dacítica (Siebe *et al.*, 1992; Salinas y López-Blanco, 2010).

Se consideran que el colapso y la consecuente erupción que destruyeron el cono, pudieron haber sido provocados por un sismo en una falla E-W, probablemente asociado a la actividad tectónica del cercano graben de Acambay (Siebe *et al.*, 1992). El cráter resultado de la avalancha, se encuentra casi totalmente relleno de domos dacíticos y flujos de lava.

Los depósitos de flujos piroclásticos más jóvenes que se encuentran en los flancos superiores del volcán, muestran que el volcán ha tenido actividad en tiempos históricos, se les ha determinado una edad de 680±80 años (Siebe *et al.*, 1992).

El volcán Jocotitlán por mucho tiempo se le consideró extinto, sin embargo, los estudios han demostrado que su última actividad se remonta a hace unos cuantos siglos, por lo que ha sido considerado como un volcán activo en estado de quietud, y como consecuencia un volcán potencialmente peligroso para el entorno. Sin embargo, hasta el momento no ha sido detectada actividad en este volcán, por lo que al momento de este atlas no se considera que represente peligro a corto plazo para el Municipio.

5.1.1.6 Volcán Nevado de Toluca.

El volcán Nevado de Toluca o Xinantécatl se localiza a aproximadamente 98 km al Suroeste del municipio de Atenco. Este es un estratovolcán complejo con una elevación de 4,680 msnm, y representa la cuarta cima más alta del país. Su edad es 0.1 a 0.01 Ma (Pleistoceno tardío-Holoceno) y está constituido por andesitas y dacitas calcalcalinas (Bloomfield y Valastro, 1974; Cantagrel *et al.*, 1981; García-Palomo *et al.*, 2002) (Figura 6.2.1.1). Está formado por dos cráteres antiguos en forma de anfiteatro (flancos SE y NE), relacionados con el colapso parcial del edificio volcánico.

Presenta un cráter truncado de forma elíptica con un diámetro de 2x1.5 km, con su eje mayor orientado en dirección E-W y una apertura en forma de herradura hacia el este, que fue destruido por una erupción hace 10,445 ± 95 años. En el interior del cráter existen dos lagos denominados el Sol y la Luna, separados por un domo dacítico central conocido como "El Ombligo" (Macías, 2005). Se localiza en la intersección de tres sistemas de fallas, el de Taxco-Querétaro con dirección NNW-SSE, el San Antonio dirección E-W y el sistema Tenango de dirección NE-SW (García Palomo *et al.* 1996; García Palomo *et al.*, 2000).

El Nevado de Toluca se ha caracterizado por la ocurrencia de erupciones muy explosivas, con períodos largos de descanso. El volcán antiguo o primitivo se formó hace 1.6 - 1.3 Ma, y está compuesto de lavas andesíticas, sobre un basamento conformado por secuencias metamórficas y sedimentarias (Cantagrel *et al.*, 1981). Durante los últimos 100,000 años el Nevado de Toluca ha tenido varios eventos paroxísmicos de tipo peleano y pliniano, además de algunas erupciones pequeñas de tipo freatomagmático, así como eventos de destrucción de domos y colapsos gravitacionales (Macías *et al.*, 1997a), estas erupciones han originado avalanchas, flujos de bloques y ceniza, flujos de pómez, flujos de ceniza, lahares y depósitos de caída.

Hace aproximadamente 100,000 años, se produjeron dos colapsos parciales en su flanco sur que dieron lugar a avalanchas de escombros (Macías *et al.*, 1997a). Una erupción pliniana (VEI=3), ocurrió hace 43,000 ± 2,000 años, y produjo el Flujo de Pómez Rosado (Macías *et al.*, 1997a). Después de este evento eruptivo, hace 37,000 - 28,925 años, se presentaron dos eventos de destrucción de domos (VEI=4) que produjeron el depósito de flujos de bloques y ceniza (Bloomfield y Valastro, 1977; Macías *et al.*, 1997a) y dio lugar al emplazamiento del domo parásito del Cerro Gordo.

Posteriormente hace 26,610 ± 1,208 años el volcán tuvo una erupción vulcaniana (VEI=3) que depositó el Flujo de Pómez Blanco (Macías *et al.*, 1997a). Le siguió una erupción pliniana (VEI=3), que dio lugar a la Pómez Toluca, fechada en más de 24,000 años (Bloomfield *et al.*, 1977). Le siguieron cinco erupciones vulcanianas (VEI=1-2), de las cuales se han fechado: el flujo de pómez La Ciervita de edad 24,000 ± 500 años (Aceves-Quezada *et al.*, 2006), ceniza Las Huertas de edad 15,340 ± 150 años (Newton y Metcalf, 1999) y el flujo de pómez de edad 13,400 ± 350 años (Aceves-Quezada *et al.*, 2006). Una nueva erupción pliniana (VEI=3), ocurrió hace 12,040 ± 92 años y depositó la Pómez Blanca Intermedia (Cervantes de la Cruz, 2001).

Durante una erupción ultrapliniana (VEI=5), ocurrida hace aproximadamente 10,445 ± 95, se depositaron extensas capas de pómez de caída, la Pómez Toluca Superior, y produjo una columna eruptiva de 35 km de altura. Esta erupción cubrió con una capa de pómez y ceniza un área aproximada de 2,000 km², en la dirección noreste del volcán, hacia la Cuenca de Lerma, la Sierra de las Cruces y la Cuenca de México (Arce, 1999).

En épocas recientes fue detectado un evento volcánico que probablemente sea el último evento eruptivo del Nevado de Toluca, y está representado por los depósitos de oleada gris y flujo de ceniza café con una



edad de $3,140 \pm 195$ años (Macías *et al.*, 1997a). Finalmente, la actividad volcánica concluye con el emplazamiento del domo denominado El Ombligo. Debido a esta última erupción, actualmente se considera al Nevado de Toluca como un volcán activo en estado de quietud. La tabla XX es un resumen de la historia eruptiva del Nevado de Toluca.

Tabla 51. Historia de la actividad reciente del volcán Nevado de Toluca.

AÑOS	TIPO DE ACTIVIDAD
1.2 -1.6 Ma	Formación del edificio volcánico
100,000	Dos colapsos parciales en el flanco sur, que produjeron avalanchas de escombros.
$\pm 43,000$	Erupción pliniana. Actividad intensa. La actividad se acompaña de avalanchas e importantes flujos de cenizas.
37,000 - 28,925	Reactivación violenta, dos eventos de destrucción de domos. Flujos de bloques y ceniza. Emplazamiento del domo Cerro Gordo.
$\pm 26,600$	Erupción vulcaniana
$>24,000$	Erupción pliniana
24,000 – 13,400	Cinco erupciones vulcanianas
$\pm 12,000$	Erupción Pliniana
$\pm 10,500$	Erupción Ultraplíniana. Columna eruptiva de 35 km.
$\pm 3,100$	Flujos de ceniza

Durante los últimos 42,000 años, según los estudios estratigráficos, el Nevado de Toluca ha presentado al menos 12 erupciones importantes a intervalos de entre 1,000 y 8,000 años (Capra *et al.*, 2008). Debido a la escasa la información con que se cuenta hasta el momento, no ha sido posible identificar periodos de recurrencia. Se consideran que posiblemente, el escenario futuro más probable pueda ser una explosión freatomagmática como la ocurrida hace aproximadamente 3,100 años (Capra *et al.*, 2008).

Sin embargo, de ocurrir nuevamente una erupción como la de hace 10,445 años, el municipio de Atenco se vería fuertemente afectado por material de caída. En la Figura 6.2.1.2 se muestra un mapa que simula una erupción similar a la de hace 10,445 años, con un Índice de Explosividad Volcánica (VEI) 6, en este se observan las áreas que resultarían afectadas por la caída de pómez y ceniza, con un espesor de 10 cm (Capra *et al.*, 2008). Atenco se ubica aproximadamente a 20 km al norte de esta zona, por lo que podrían esperarse espesores de alrededor de 5 cm en el área del Municipio, lo que acarrearía graves problemas a la infraestructura y a la salud de la población.

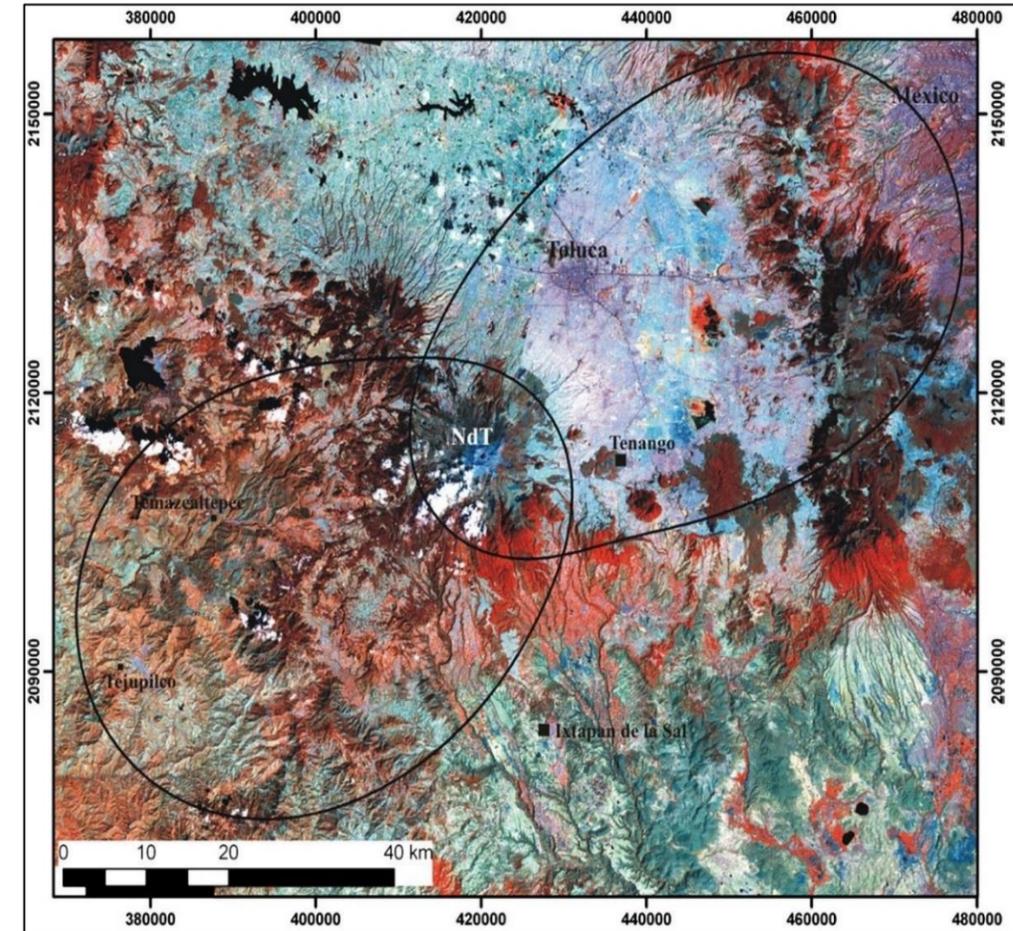


Figura 45. Mapa de isopaca de ceniza de 10 cm de espesor, resultado de la simulación de una erupción volcánica VEI 6 en el volcán Nevado de Toluca (Tomado de Capra *et al.*, 2008).

Debido a que el peligro por caída de ceniza durante una erupción volcánica depende, entre otros factores, de la dirección del viento, de acuerdo a la dirección preferencial del viento en las diferentes épocas del año, el peligro por caída de ceniza durante los meses de octubre a marzo, se localiza al este y al noreste del volcán, es decir en dirección a Atenco, y como consecuencia estos serían los de mayor probabilidad de afectación. Mientras que de abril a mayo es hacia el norte y de junio a septiembre al noroeste del volcán. La Figura XX es el Mapa de Peligros del Nevado de Toluca, en donde se muestran las áreas afectadas por los diferentes peligros volcánicos en erupciones de todo tipo (Aceves-Quezada *et al.*, 2006).

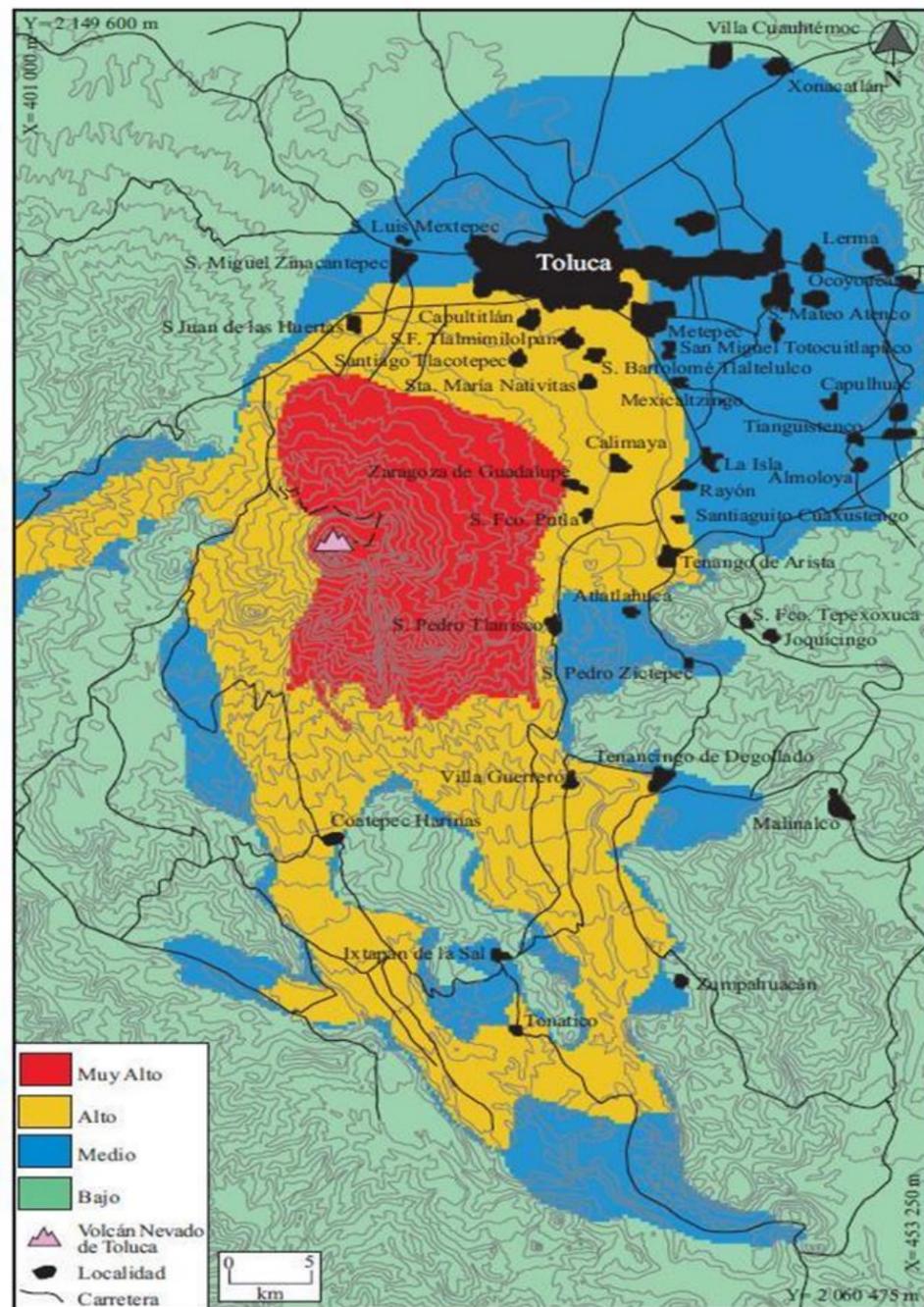


Figura 46. Mapa de Peligros del Nevado de Toluca (Aceves-Quezada *et al.*, 2006).

5.1.1.7. Volcán Popocatépetl (Sierra Nevada).

La Sierra Nevada está constituida principalmente por el volcán considerado extinto Iztaccihuatl y el volcán activo Popocatépetl (Figura 6.2.1.1). El volcán Popocatépetl se localiza a 64 km al Sureste de Atenco, tiene una altura de 5450 msnm y es la segunda montaña más alta del país, después del Pico de Orizaba. Es uno de los volcanes más activos de México y representa un gran riesgo para las ciudades cercanas.

El primer edificio volcánico formado y que constituye la base del actual Popocatépetl fue el volcán Nexpayantla de edad 730,000 años (Mooser *et al.*, 1958; Robin, 1984). Está constituido por la emisión de una serie de derrames de lavas andesíticas y dacíticas. Fue destruido por una erupción ocurrida hace aproximadamente 200,000 años y produjo el colapso de una parte de este volcán y la formación de una caldera. Al interior de esta caldera inició la construcción de un nuevo volcán conocido como El Fraile, formado por derrames andesíticos y dacíticos. Este volcán colapsó hace entre 50 000 y 30 000 años, debido a una erupción tipo Bezymiany, la cual destruyó la parte meridional del volcán (Boudal y Robin, 1989). Después de este evento, inició la formación del cono conocido como Popocatépetl, el cual hace aproximadamente 23 000 años, sufrió una erupción lateral que destruyó el cono, se produjo un colapso del edificio volcánico hacia el sur, y generó una avalancha de escombros que alcanzó distancias mínimas de 70 km desde la cima, cubrió un área aproximada de 900 km², con un espesor promedio de 15 m. Posterior a este evento se inició la construcción del actual cono del Popocatépetl, edificado por una serie de depósitos piroclásticos y coladas de lava de composición andesítica-dacítica (Macías, 2005).

El actual Popocatépetl a lo largo de su historia ha sido recurrentemente activo, presentando una gran variedad en sus formas de actividad eruptiva. Durante los últimos 20,000 años la actividad explosiva del Popocatépetl ha presentado cuatro eventos mayores, con producción de pómez de caída y flujos de ceniza. El primero fue una erupción freato-pliniana de hace 14,000 años, que generó flujos piroclásticos y oleadas (surges) en zonas proximales, y culminó con la formación de una columna pliniana, que fue dispersada por los vientos estratosféricos hacia el noroeste en dirección de la Ciudad de México (Siebe *et al.*, 1997). Los otros tres eventos ocurrieron hace 5,000, 2,150 y 1,100 años, y consistieron de erupciones plinianas hidromagmáticas bastante violentas, que dispersaron nubes turbulentas húmedas tipo surge a distancias mínimas de 20 km, también se produjeron flujos piroclásticos y lahares. Contemporáneamente se produjeron flujos de lava, y flujos de lava fisurales de composición andesítica (Schaaf *et al.*, 2005). Asimismo, se tienen registros de cuatro eventos menores, ocurridos hace 11,000, 9,000, 7,000 y 1,800 años (Siebe *et al.*, 1997; Siebe y Macías, 2004).

Su último episodio eruptivo inició en diciembre de 1994, después de 67 años de tranquilidad, y continúa hasta la fecha. Las erupciones del 21 de diciembre de 1994 fueron el inicio de este último episodio, el cual consistió en erupciones freáticas y magmáticas que liberaron grandes cantidades de gases magmáticos y arrastraron partes del conducto volcánico (De la Cruz-Reyna *et al.*, 1995). La Tabla 6.2.1.2 resume la actividad histórica reciente del volcán Popocatépetl.



De marzo de 1996 a la fecha, la actividad del volcán se ha caracterizado por la formación de domos y su posterior destrucción a través de eventos explosivos que han originado grandes columnas eruptivas. Las erupciones más sobresalientes han sido las desarrolladas durante los eventos de junio 1997, diciembre 2000, y enero de 2001.

El evento del 30 de junio de 1997 generó una columna que alcanzó en pocos minutos 8 km por encima del cráter del volcán. Fue reportada caída de ceniza en muchos poblados alrededor del volcán incluyendo la Ciudad de México. No se registraron daños o víctimas y la intensidad de la erupción se estima que alcanzó un índice de explosividad volcánica (VEI) de 2 a 3 (BGVN, 1997). En los dos días siguientes ocurrió un lahar en dirección al poblado de Xalitzintla, llegando a 12 km al Noreste del volcán, originado por precipitación intensa.

La erupción de diciembre 2000-enero 2001, produjo varias columnas de ceniza que alcanzaron entre 3 y 8 km de altura sobre el nivel del cráter. El volcán lanzó fragmentos y generó flujos piroclásticos que descendieron por varias cañadas hasta distancias estimadas entre 4 y 6 km. Ocurrieron episodios de tremor (vibración interna del volcán) que fueron sentidos en poblaciones ubicadas hasta 14 km de distancia. Se generaron lahares que descendieron aproximadamente 15 km, quedando a 2 km de la población de Santiago Xalitzintla, Puebla (Capra *et al.*, 2004). A todo el período de actividad iniciado en diciembre de 2000, se le asignó un VEI = 3 (BGVN, 2000).

Tabla 52. Historia de la actividad reciente del volcán Popocatepetl (De la Cruz-Reyna *et al.*, 1995).

FECHA	ACTIVIDAD
1354	Actividad menor
1363	“
1509	“
1512	“
1519-1530	Grandes erupciones
1539-1540	Grandes emisiones de ceniza
1548	“
1562-1570	“
1571	“

1592-1594	“
1642	Emisiones de ceniza
1663-1665	“
1697	“
1720	Actividad menor
1720-1919	Actividad solfatárica considerable
1920-1927	Actividad explosiva
1992-1993	Actividad fumarólica
1994-a la fecha	Actividad explosiva

La siguiente figura muestra el mapa de peligros del volcán Popocatepetl, en el que se observa que el peligro volcánico potencial para el municipio de Atenco son los materiales volcánicos de caída, particularmente la ceniza volcánica.

Atenco se ubica dentro del Área 3, que, de acuerdo con el mapa, corresponde a un área que sería menos afectada por la caída de arena volcánica y pómez. No habría caída durante erupciones pequeñas, pero podrían acumularse varios centímetros durante erupciones muy grandes (Macías, *et al.*, 1997b). Los vientos, que representan un factor importante en la distribución de cenizas durante una erupción, para la región del Popocatepetl generalmente soplan en dirección este-oeste. La dirección dominante de los vientos de octubre a abril es hacia el oriente, mientras que de mayo a septiembre es hacia el poniente del volcán, es decir en dirección hacia Atenco.

La zona donde existe mayor probabilidad de que se acumule más arena volcánica y pómez, es la región comprendida entre las dos curvas delimitantes que se muestran en el mapa de peligros por caída de materiales volcánicos de la Figura 6.2.1.5 (Macías *et al.*, 1997b). Por lo que durante una erupción de magnitud mayor, con columnas de cenizas que rebasen los 10 km de altura, podría esperarse caída de ceniza importante en el Municipio, si esto ocurriera entre los meses de mayo a septiembre.

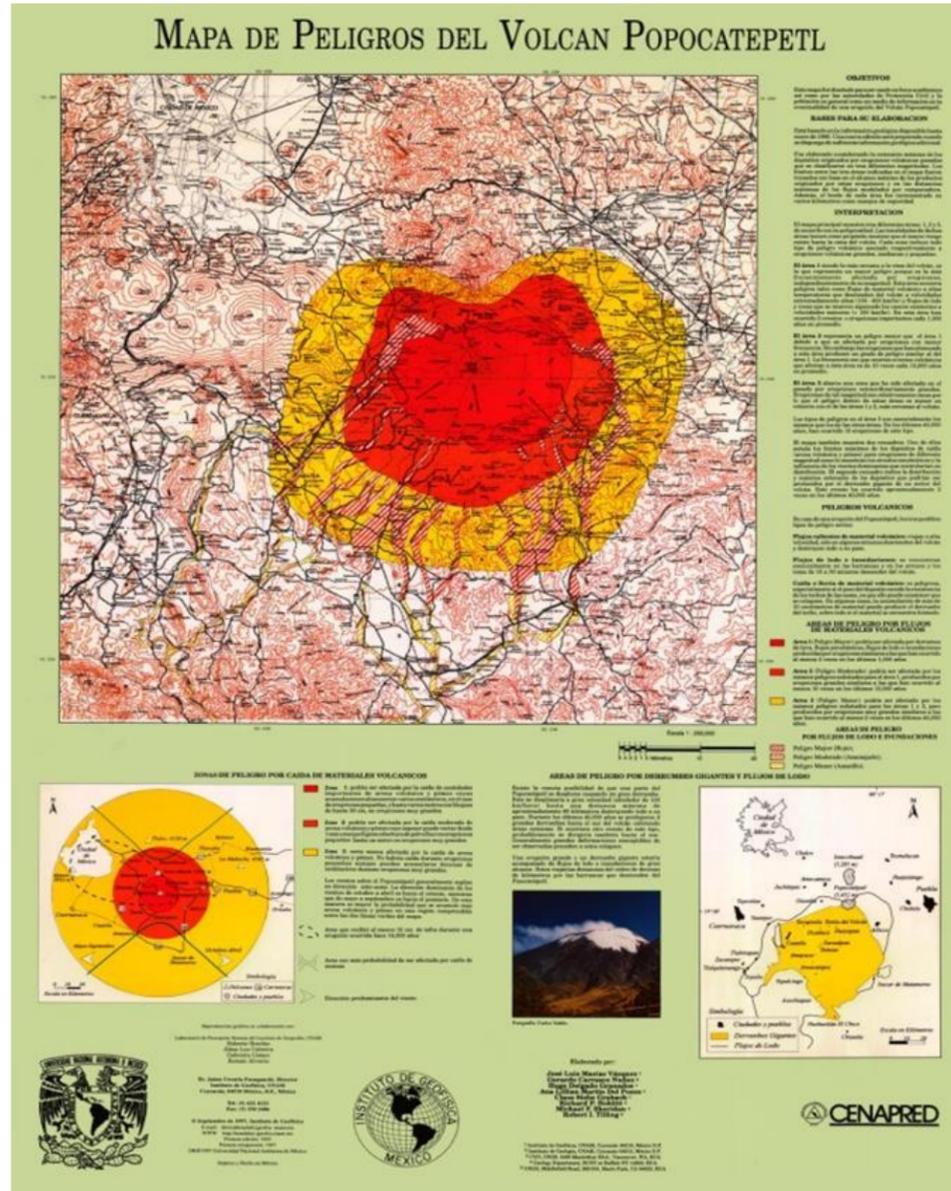


Figura 47. Mapa de peligros del volcán Popocatepetl (Macías et al., 1997b).

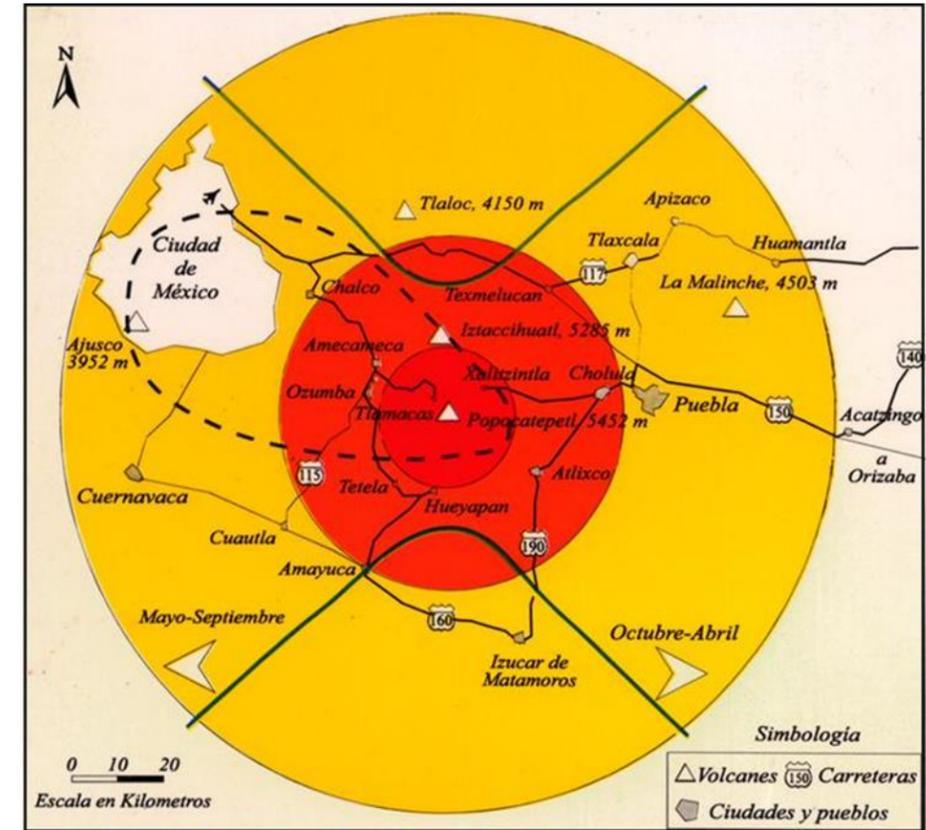


Figura 48. Zonas de peligro por caída de materiales volcánicos del mapa de peligros del volcán Popocatepetl (Macías et al., 1997b).

5.1.1.8 Peligro por ceniza volcánica.

De acuerdo con el análisis del peligro volcánico para la región de Atenco, el peligro volcánico potencial representa la caída de ceniza. En las gráficas de la figura siguiente se muestra la estimación de espesores de ceniza volcánica en función de la distancia, en diferentes escenarios eruptivos para el volcán Popocatepetl. En esas gráficas se consideraron erupciones con duraciones de 2, 4 y 6 horas, con una velocidad del viento de 50 km/h y con dirección directamente a Atenco; asimismo se consideran diferentes alturas de columnas eruptivas, para el primer caso (a) erupciones moderadas, con columnas en el rango de 4 a 14 km de altura, y una probabilidad de ocurrencia de 10^{-3} ; y (b) para grandes alturas de columna en el rango de 16 a 26 km con una probabilidad de ocurrencia de 10^{-4} (De la Cruz, 2002). Se observa que el espesor esperado para la región de Atenco varía de alrededor de 0.1 cm, para un evento de dos horas de duración y una columna de 4 km de altura, hasta 10 cm para el escenario extremo de una erupción con duración de 6 horas y una columna eruptiva de 26 km de altura.



Cabe mencionar que las cenizas volcánicas pueden afectar áreas muy extensas y por lo tanto a un gran número de personas, además que la ceniza más fina puede permanecer en el aire por varios días y hasta por algunas semanas. Las cenizas alcanzan distancias de hasta varios cientos de kilómetros del volcán que las originó. Pueden provocar algunos efectos nocivos para la salud de personas y animales, afectar el clima, obstruyen las corrientes de agua, presas, alcantarillas, plantas de aguas y todo tipo de maquinaria; se amontonan en las carreteras, vías férreas obstruyendo el paso, y llega a ser resbalosa para la gente y vehículos en movimiento, al mezclarse con agua puede conducir la electricidad, produciendo corto-circuitos en líneas de transmisión de energía y en líneas de comunicación.

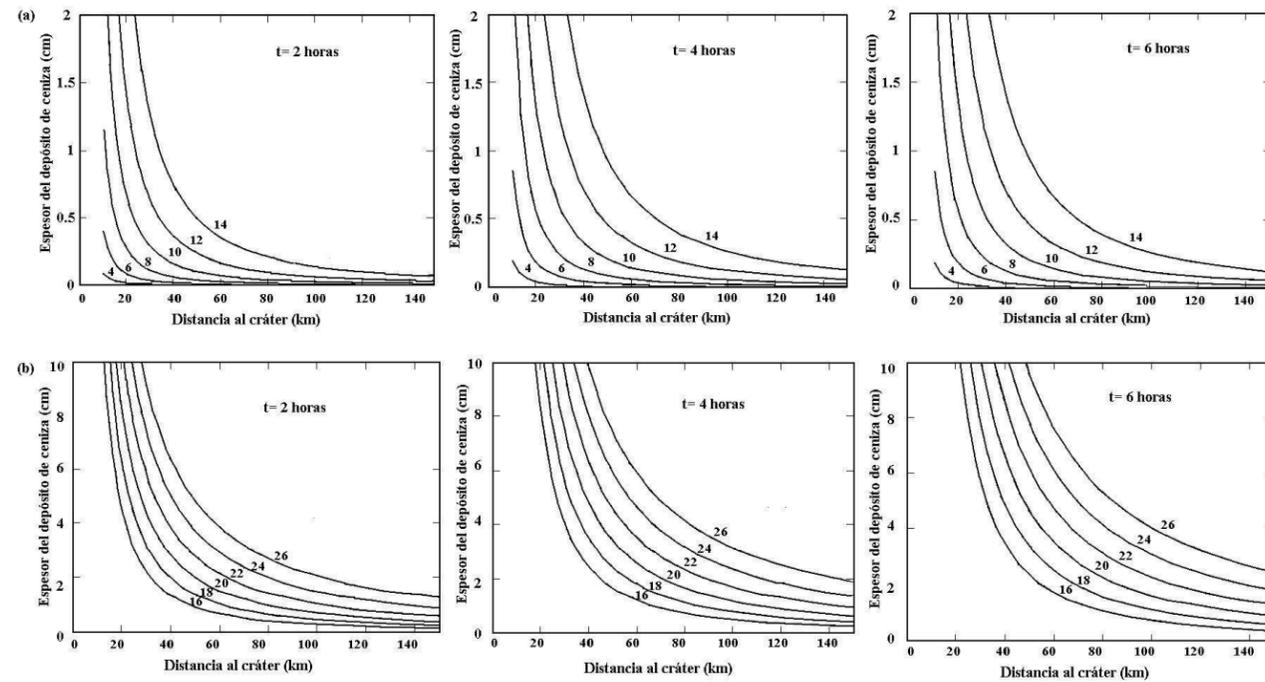


Figura 49. Estimación de espesores de cenizas volcánicas en función de la distancia, para erupciones del volcán Popocatepetl, para eventos de 2, 4 y 6 horas de duración, con velocidad del viento de 50 km/h y columnas eruptivas de (a) 4, 6, 8, 10, 12 y 14 km y (b) 16, 18, 20, 22, 24, 26 km (De la Cruz, 2002).

Las cenizas también se acumulan en techos de las construcciones, donde 10 cm de espesor representará una carga extra de 40-70 kg/m² si está seca, y de 100-125 kg/m² si está húmeda, llegando en ocasiones a provocar el colapso de los techos, asimismo, representa un gran peligro para las aeronaves, sin embargo, en contraste con otros peligros volcánicos, los efectos de la ceniza pueden ser mitigados mediante una adecuada planificación y preparación (Martínez y Gómez, 2006). En la Tabla 6.2.1.3 se presentan algunos efectos de este tipo de peligro volcánico.

Tabla 53. Resumen general de los efectos de las cenizas volcánicas (Martínez y Gómez, 2006).

Efectos de la caída de cenizas (varía dependiendo del volumen del material expulsado y la duración o intensidad de la erupción).

La inhalación de la ceniza puede provocar el empeoramiento de enfermedades pulmonares, asma, silicosis por exposición prolongada al aire libre.

Puede provocar también trastornos gastrointestinales por la ingestión de agua contaminada con flúor y posiblemente con metales pesados (arsénico, mercurio, etc.) o por la ingestión de alimentos contaminados.

Puede causar daños oculares como conjuntivitis y abrasiones en la córnea.

Colapso de techados: Capas de ceniza de 2 a 3 cm de espesor pueden causar el colapso de techados con pendientes menores a 20°; y/o con estructuras de mala calidad.

La ceniza fina puede causar contaminación en ambientes interiores limpios como quirófanos, laboratorios farmacéuticos, mecánica de precisión, óptica, en la industria de la alimentación, etc.

Los equipos electrónicos pueden sufrir importantes daños tanto por la capacidad abrasiva de la ceniza como por su comportamiento eléctrico, ya que la ceniza humedecida es altamente conductiva pudiendo provocar cortocircuitos. Se debe tener especial cuidado con sistemas de agua, bombas, filtros y válvulas muy susceptibles a sufrir daños por la caída de cenizas.

Interferencias de radio y televisión, así como fallas en el suministro eléctrico.

Capas de 1 a 2 cm. de ceniza puede provocar daños de suma importancia en la industria con equipamiento mecánico, eléctrico o químico. La maquinaria expuesta deberá ser sometida a cuidadoso procedimiento de limpieza, para evitar posteriores problemas por efecto de la abrasión. Igualmente, la limpieza debe realizarse con maquinaria especialmente preparada para trabajar en medios muy abrasivos.

La ceniza disminuye rápidamente la capacidad de filtración del suelo, taponando cañerías y cauces de agua, aumentando considerablemente el riesgo de inundaciones.

Los efectos sobre la agricultura dependen del tipo de cultivo, de su grado de desarrollo y evidentemente del espesor de la capa de cenizas caída. Sin embargo, en climas cálidos la vegetación se recupera en muy poco tiempo.

Este fenómeno afecta también a la ganadería, arruinando pastos y dañando considerablemente la lana de los animales.

Los gases retenidos en las cenizas se liberan lentamente, pudiendo provocar problemas respiratorios y asfixia, especialmente en las zonas donde la acumulación de ceniza es importante. Las personas que padecen de problemas respiratorios o alergias serían las más afectadas.



Las cenizas pueden transportar ciertos elementos que pueden ser contaminantes al ser disueltos en las aguas de los ríos y manantiales. El cloro y los sulfatos, por su alta capacidad de disolución, son los más propensos a generar esta contaminación.

Los depósitos de ceniza pueden permanecer mucho tiempo sin solidificarse, especialmente en zonas áridas, siendo removidos fácilmente por el viento y propagándose a distancias mayores durante un largo periodo después de la erupción.

Pueden ocasionar accidentes de automóviles (carreteras resbaladizas y escasa visibilidad). Accidentes aéreos, por ingreso de ceniza en los motores.

En función de la baja probabilidad que presentan, cualquiera de las fuentes volcánicas cercanas a Atenco, de generar un fenómeno volcánico de tal magnitud que pudiera, en un momento dado, afectar a la zona, esto de acuerdo a las condiciones actuales de actividad de la Sierra de las Cruces, Sierra de Guadalupe, Sierra Chichinautzin, Sierra Santa Catarina, y de los volcanes Nevado de Toluca, Jocotitlán y Popocatépetl, en forma general se puede considerar que el peligro volcánico en el municipio de Atenco es de nivel **BAJO** con un grado de detalle de estudio de Nivel 2.

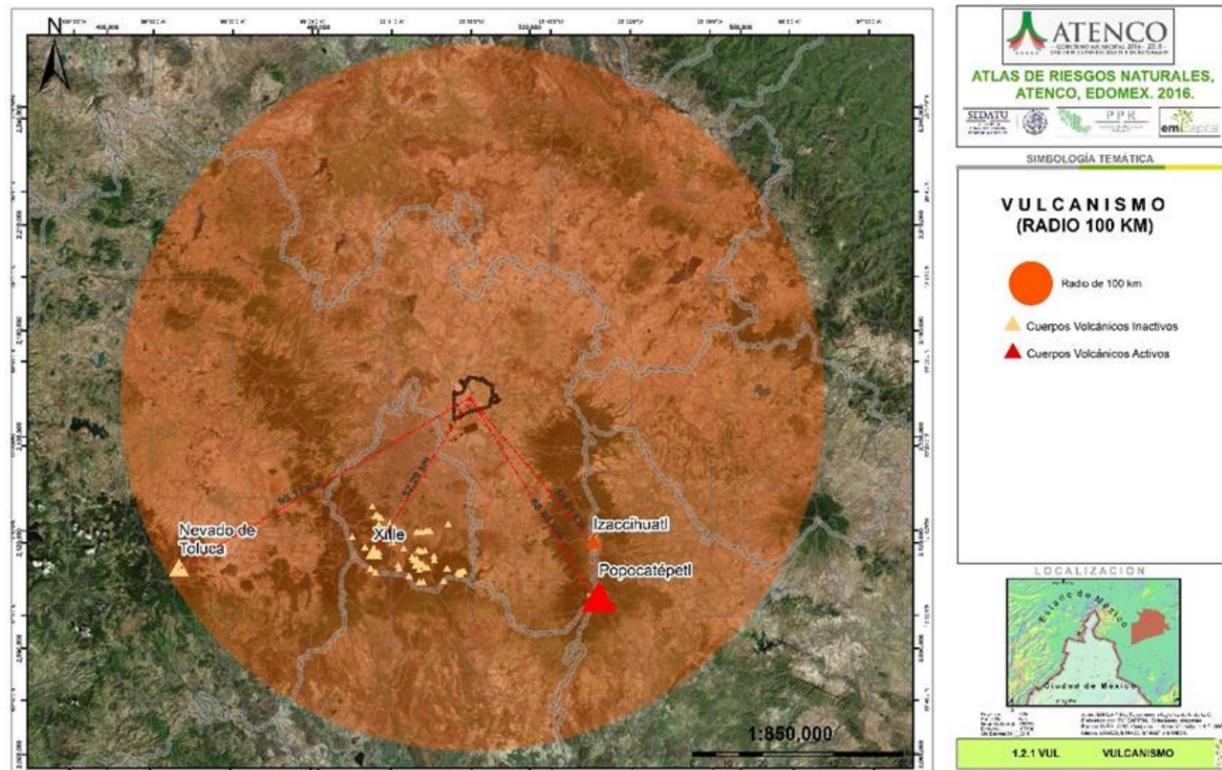


Figura 50. Cuerpos volcánicos en un Radio de 100 km

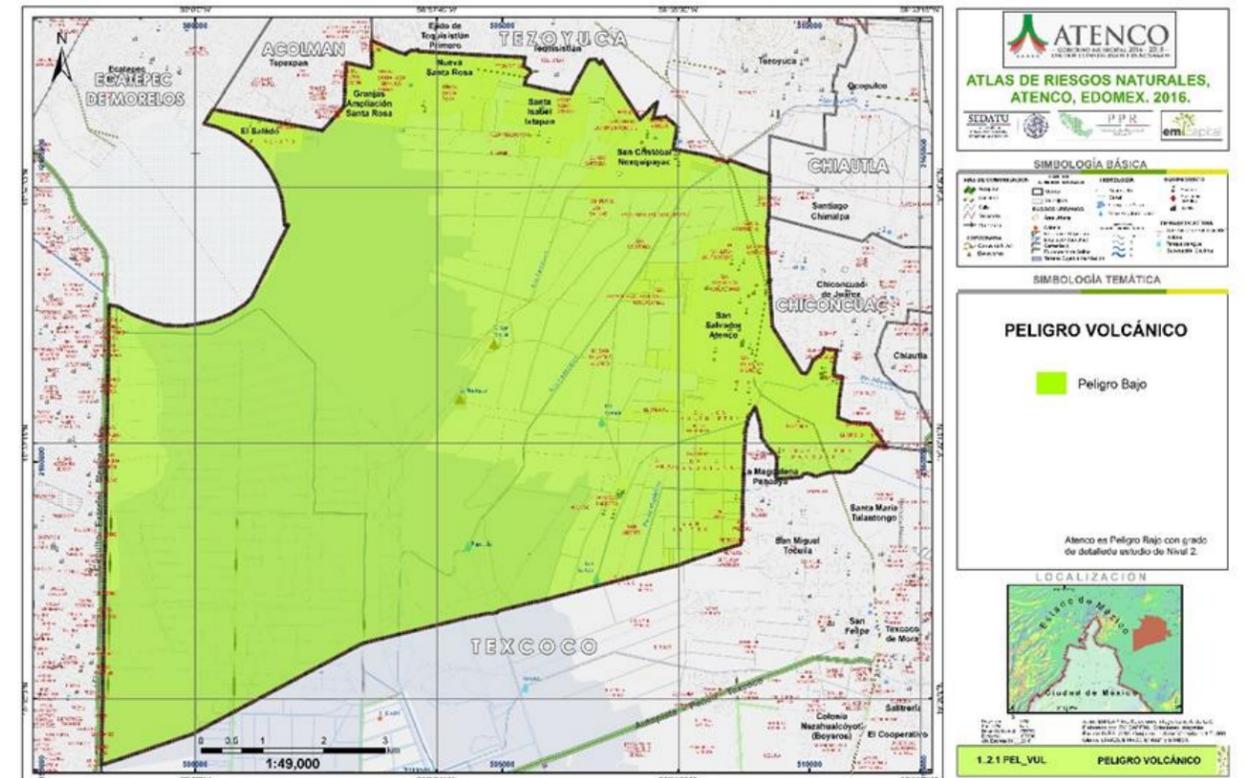


Figura 51. Peligro volcánico para el Municipio de Atenco, Estado de México

5.1.2. Sismos.

El municipio de Atenco, se encuentra ubicado en la zona B de acuerdo con la regionalización sísmica de México, desarrollada por los Institutos de Ingeniería y geofísica de la UNAM y el Instituto de Investigaciones Eléctricas de CFE para la actualización del peligro sísmico del país. La zona B es considerada una zona intermedia en la que los sismos no ocurren tan frecuentemente como en la zona D, que es la zona de mayor sismicidad en México, tanto por su frecuencia como por las magnitudes que puede alcanzar. La zona B es una zona afectada por altas aceleraciones, pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo (Servicio Sismológico Nacional, SSN; <http://www.ssn.unam.mx/>).

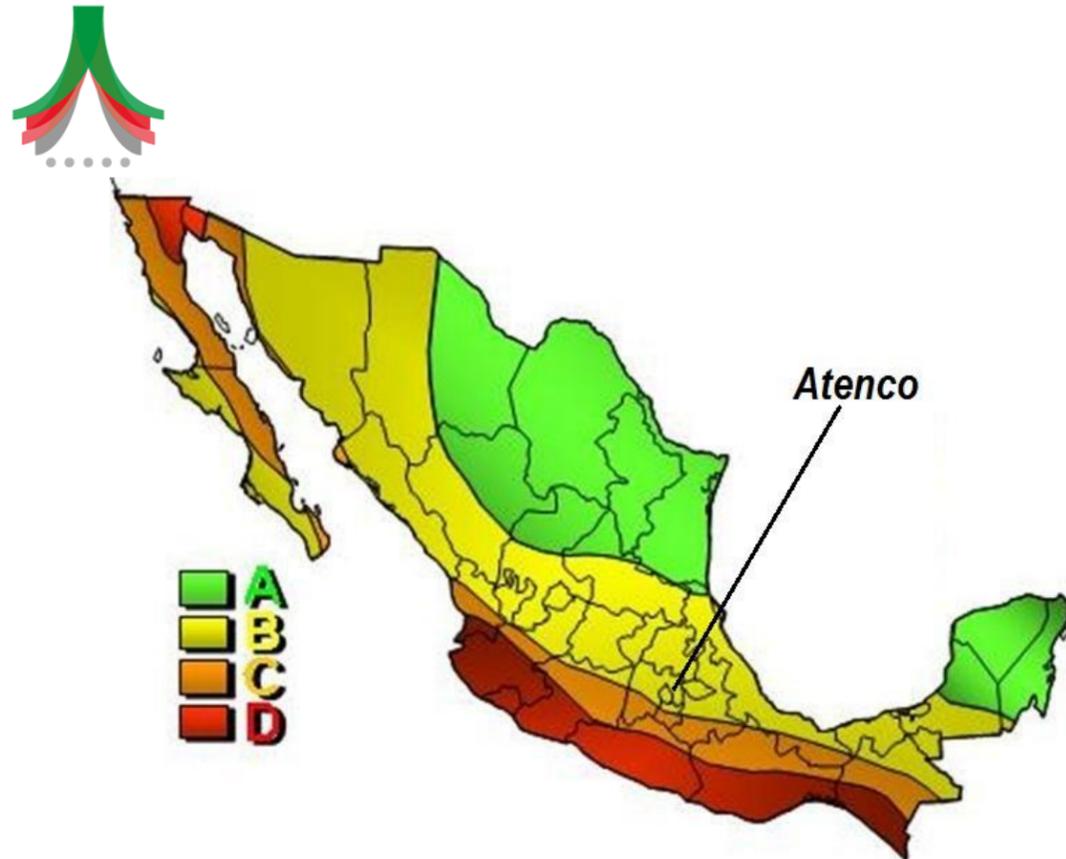


Figura 52. Regionalización sísmica de la República Mexicana (CFE, 2008). A: no se han reportado sismos en los últimos 80 años; **B y C:** sismos no tan frecuentes, son zonas afectadas por altas aceleraciones que no sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad; **D:** se han reportado grandes sismos históricos, la ocurrencia de sismos es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad.

De acuerdo a la distribución general de intensidades (MM, Mercalli Modificado) de la República Mexicana, realizada con base en los sismos ocurridos de 1845 a 1985 (figura XX), Atenco ha sido afectado, en forma general, con intensidades máximas del orden de VII (Mercalli Modificado, MM).

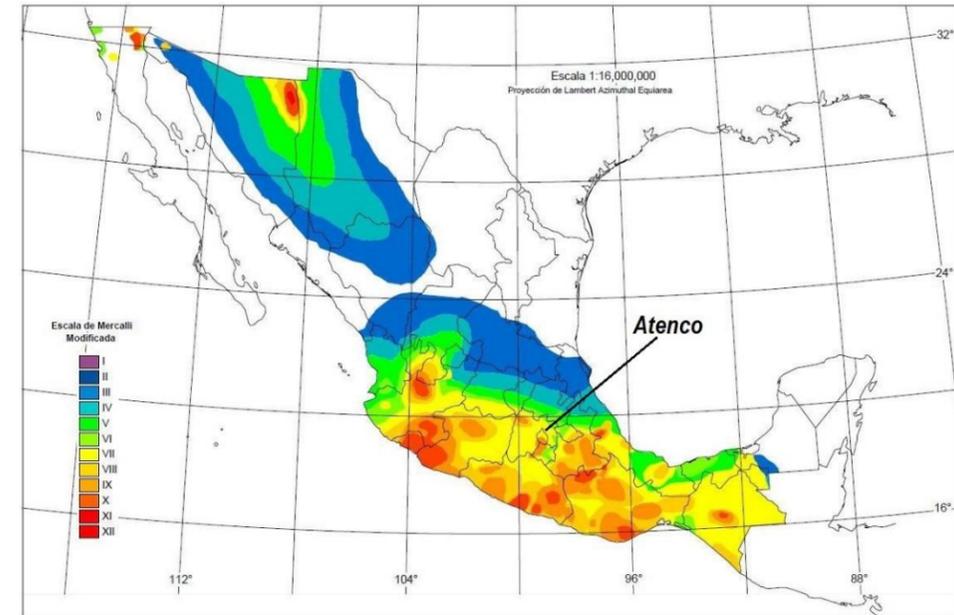


Figura 53. Intensidades Sísmicas Máximas de México para temblores entre 1845 y 1985 (CENAPRED, 2001).

De acuerdo con la escala de intensidades de Mercalli Modificado (MM 1931), la intensidad VII, implica que todo mundo corre al exterior, se producen daños ligeros en estructuras de diseño especialmente bueno; y daño considerable en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; el rompimiento de algunas chimeneas. Es sentido por algunas personas que conducen automóviles. Se caen cielos rasos, ladrillos, piedras, tejas, cornisas también antepechos no asegurados y ornamentos de arquitectura, pánico generalizado. Se producen aceleraciones del suelo entre 35 y 60 Gal.

La identificación y caracterización de las fuentes sismogénicas que pueden afectar a un determinado lugar, constituye el primer paso en la realización de un análisis de la peligrosidad sísmica (Reiter, 1990). Las principales fuentes sísmicas que afectan a Atenco pueden clasificarse en cuatro grupos: (1) Sismos locales, magnitudes iguales o menores a 5 ($M \leq 5.5$) y se originan dentro de la cuenca; (2) Sismos corticales, tipo Acambay, con magnitudes menores o igual a 7 ($M \leq 7.0$), y se originan en la Faja Volcánica Transmexicana; (3) Sismos intraplaca de profundidad intermedia de falla normal, son causados por rompimientos de la placa de Cocos ya subducida con magnitudes probables de hasta $M=7.0$; y (4) Sismos de subducción, que alcanzan magnitudes superiores a 8 ($M > 8.0$) (Rosenblueth *et al.*, 1987) (figura XX).

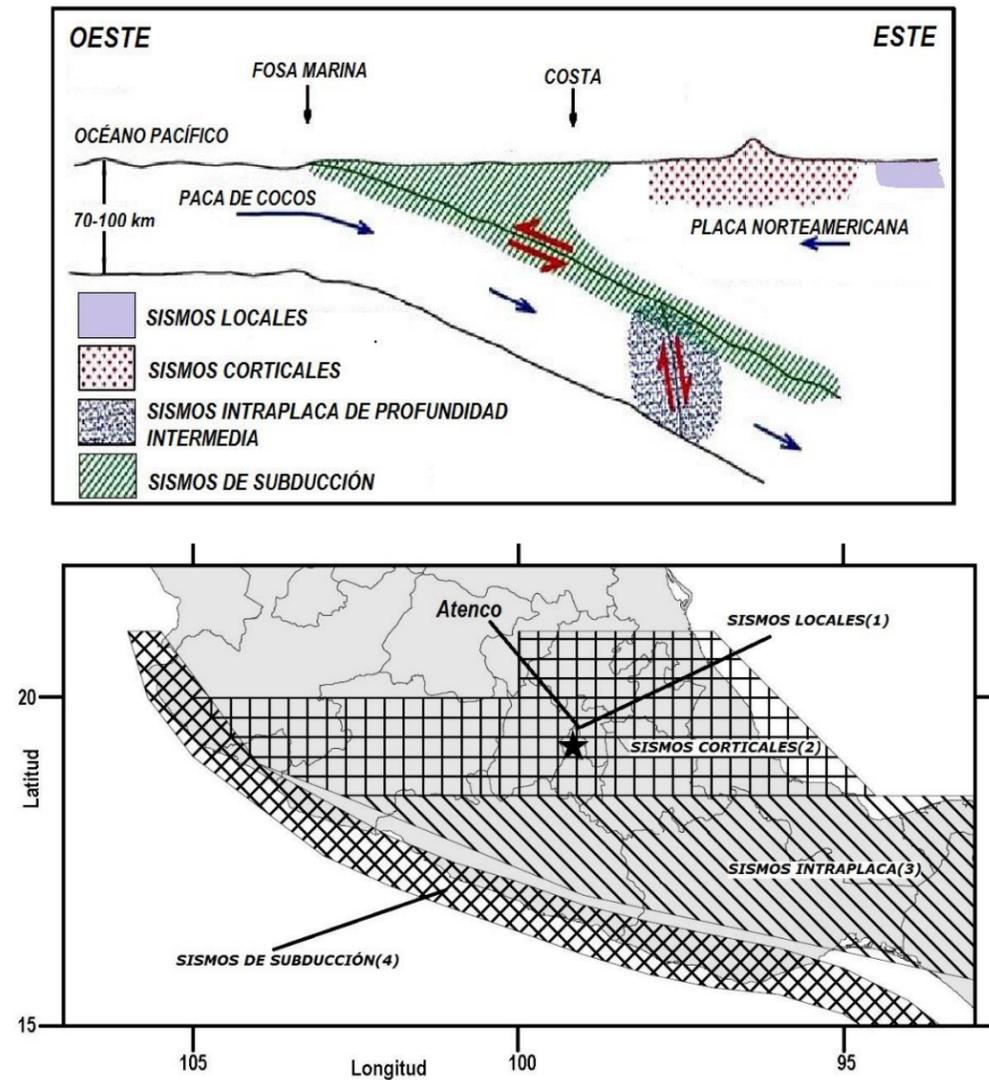


Figura 54. Fuentes sismogénicas que afectan al municipio de Atenco (Ordaz et al., 2000).

5.1.2.1 Sismicidad local

La primera fuente se refiere a la sismicidad local de $M \leq 5.5$, con profundidades menores a 10 km, y se originan dentro del territorio de Atenco y sus alrededores. Este tipo de sismicidad se origina debido a la presencia de fallas activas de poca profundidad (figura XX). Los sismos locales se presentan como una fuerte sacudida vertical casi instantánea, seguida por vibraciones rápidas de muy corta duración. Frecuentemente, estos sismos son acompañados de un fuerte ruido subterráneo, y en ocasiones se

presentan como una secuencia o enjambres de varios eventos, que se presentan durante un corto tiempo y con posiciones epicentrales cercanas.

Cabe mencionar que, la sismicidad en la cuenca de México se concentra en cuatro zonas principales reconocidas por su continua actividad (Rodríguez et al., 1984; CENAPRED, 2001; Lermo et al., 1997). De acuerdo a la frecuencia con que se registran los sismos se tiene que la primera zona es la de Milpa Alta; la segunda se encuentra al sur del Peñón de los Baños; la tercera es la zona de Texcoco, en donde se encuentra ubicado el municipio de Atenco, en esta zona con frecuencia se registran sismos provocados por la explotación (con explosivos) de material para la construcción; y por último la cuarta zona, que es la ubicada a lo largo de la Sierra de las Cruces, particularmente en Mixcoac.

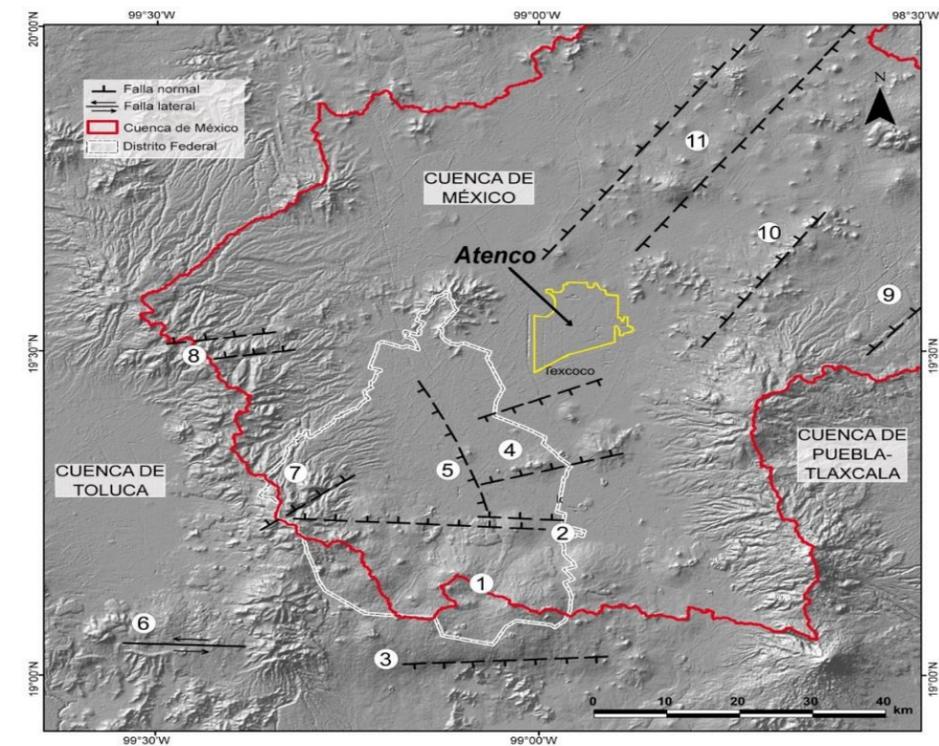


Figura 55. Principales fallas geológicas de la Cuenca de México: (1) Pilar (horst) de Chichinautzin (Siebe et al., 2004b), (2) Sistema de fallas de Xochimilco y Xicomulco (García-Palomo et al., 2008), (3) sistema de Fallas de la Pera (Delgado-Granados et al., 1995; Alaniz-Álvarez y Nieto-Samaniego, 2005), (4) Graben de Santa Catarina (Arce et al., 2013) (5) Falla Mixhuca (Pérez-Cruz, 1988), (6) Sistema de Fallas Tenango (Norini et al., 2006), (7) Falla Contreras (Arce et al., 2015), (8) Sistema de Fallas de Ixtlahuaca y Otomí (García-Palomo et al., 2008), (9) Segmento sur del Sistema de Fallas Apan-Tláloc, (10) Falla Texcoco y (11) Sistema de fallas Tizayuca (García-Palomo et al., 2002b). (Tomado de González-Torres et al., 2015).



Debido a la carencia de estaciones sísmicas y de datos de sismos de pequeñas magnitudes en la región de Atenco, no es posible conocer con detalle este tipo de sismicidad, tampoco se cuenta con documentación o registros históricos de sismos originados dentro de los terrenos del Municipio. Sin embargo, en la red sísmica del Servicio Sismológico Nacional, se han registrado algunos sismos en las zonas circundantes a Atenco (tabla).

Tabla 54. Sismos registrados en Atenco y alrededores de 1998 a 2014 (Servicio Sismológico Nacional, SSN, <http://www.ssn.unam.mx/>).

Fecha	HHMMSS	Lat N	Lon W	Prof km	Mag	Descripción
1998-03-23	18:18:59	19.42	98.86	4	3.7	10 km al sureste de Atenco, Mex.
1998-06-18	05:39:20	19.43	98.87	32	3.5	9 km al sureste de Atenco, Mex.
1999-11-13	11:43:20	19.41	98.89	14	3.3	10 km al sureste de Atenco, Mex.
2002-04-21	04:20:46	19.50	98.91	17	3.2	Atenco, Méx.
2002-04-21	04:22:43	19.49	98.92	19	2.8	Atenco, Méx.
2002-04-21	04:23:16	19.50	99.02	24	3.1	3 km al este de Atenco, Mex.
2002-04-21	04:59:58	19.44	99.02	11	3.0	5 km al oeste de Atenco, Mex.
2002-05-09	09:25:42	19.51	99.03	26	3.7	5 km al oeste de Atenco, Mex.
2002-05-09	10:56:07	19.49	99.02	20	3.3	5 km al oeste de Atenco, Mex.
2002-05-09	15:39:42	19.49	99.00	16	3.4	5 km al este de Atenco, Mex.
2002-05-11	10:35:08	19.51	99.01	24	3.1	Atenco, Méx.
2004-07-08	17:40:06	19.43	99.00	5	3.3	10 km al suroeste de Atenco, Mex.
2010-06-28	18:09:58	19.44	98.82	14	3.5	Atenco, Méx.
2012-06-25	03:46:51	19.40	99.03	3	3.4	10 km al suroeste de Atenco, Mex.
2013-06-23	21:46:48	19.46	99.89	5	3.4	5 km al sureste de Atenco, Mex.
2013-08-25	15:35:01	19.41	99.04	5	3.0	10 km al sureste de Atenco, Mex.
2013-09-04	03:05:08	19.43	98.87	5	3.1	10 km al sur de Atenco, Mex.

5.1.2.2 Sismicidad cortical:

La segunda fuente la constituye la deformación cortical, debida a los sistemas de fallas presentes en la Faja Volcánica Transmexicana (figura XX). Esta fuente da origen a eventos que ocurren dentro de la placa Norteamericana, son sismos intracontinentales muy superficiales, sus profundidades no llegan a sobrepasar los 30 kilómetros (figura XX), y sus magnitudes son de moderadas a pequeñas, es decir menores a 7.0 ($M \leq 7.0$). Sus magnitudes son considerablemente menores a las de los sismos de subducción, e incluso menores a la de los sismos profundos. No son muy frecuentes, sin embargo, debido a que son superficiales y ocurren principalmente a lo largo de la Faja Volcánica, donde se concentra la mayoría de la población, pueden llegar a provocar graves daños.

Atenco se localiza en la porción oriental de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT), la que se caracteriza por la presencia de sismicidad cortical (Engdahl, 1988). Esta sismicidad tiene su origen en las numerosas fallas normales con dirección E-W presentes en la Faja, las que en campo se identifican por la presencia de pronunciados escarpes, y presentan distintos grados de actividad sísmica (figura XX) (Suter *et al.*, 1992, 1995a, 1995b). Estos sismos al ser superficiales, dependiendo de su ubicación pueden llegar a ser muy destructivos para Atenco. Ejemplos de este tipo de sismos es el de Acambay, Edo. de México, en 1912 y el de Jalapa, Veracruz en 1920. La figura XX, muestra la distribución de intensidades sísmicas (mapa de isosistas) con que se manifestaron estos dos sismos.

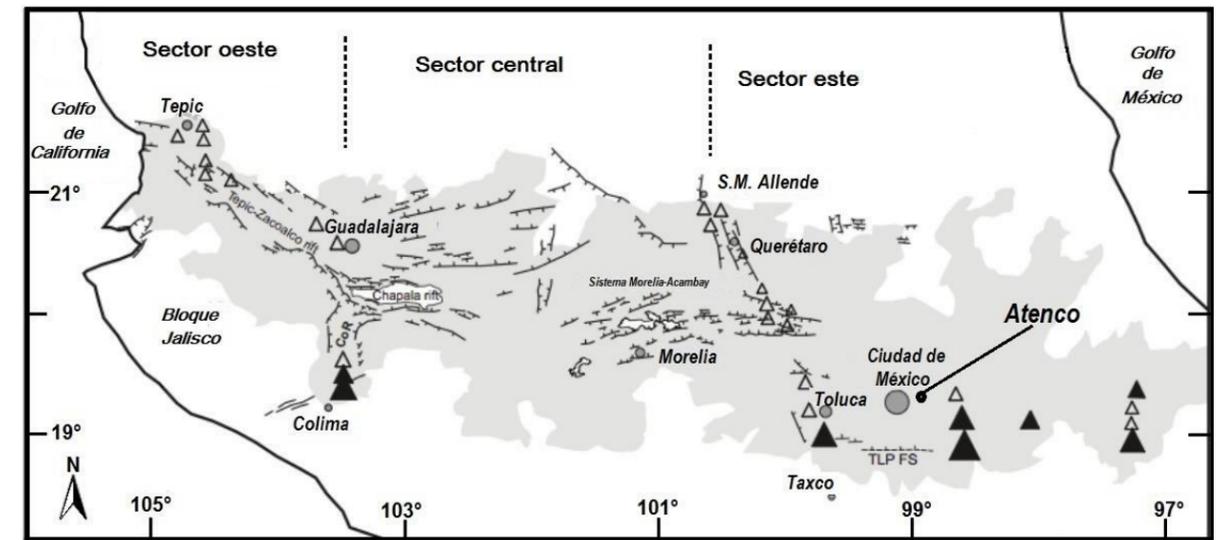


Figura 56. Principales sistemas fallas y volcanes (triángulos) de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) (Mazzarini *et al.*, 2010)



Tanto el sismo del 19 de noviembre de 1912 de la región de Acambay con magnitud 6.9, como el del 4 de enero de 1920, ocurrido en Jalapa, Ver., (Langridge *et al.*, 2000), fueron sentidos en Atenco con una intensidad de V (MM) y aceleraciones de entre 10 y 20 Gal, es decir que fueron sentidos en todo el Municipio, algunas piezas de vajilla o cristales de ventanas se rompieron; se registraron pocos casos de agrietamiento de aplanados; se cayeron objetos inestables, se observaron perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos (Suter *et al.*, 1996).

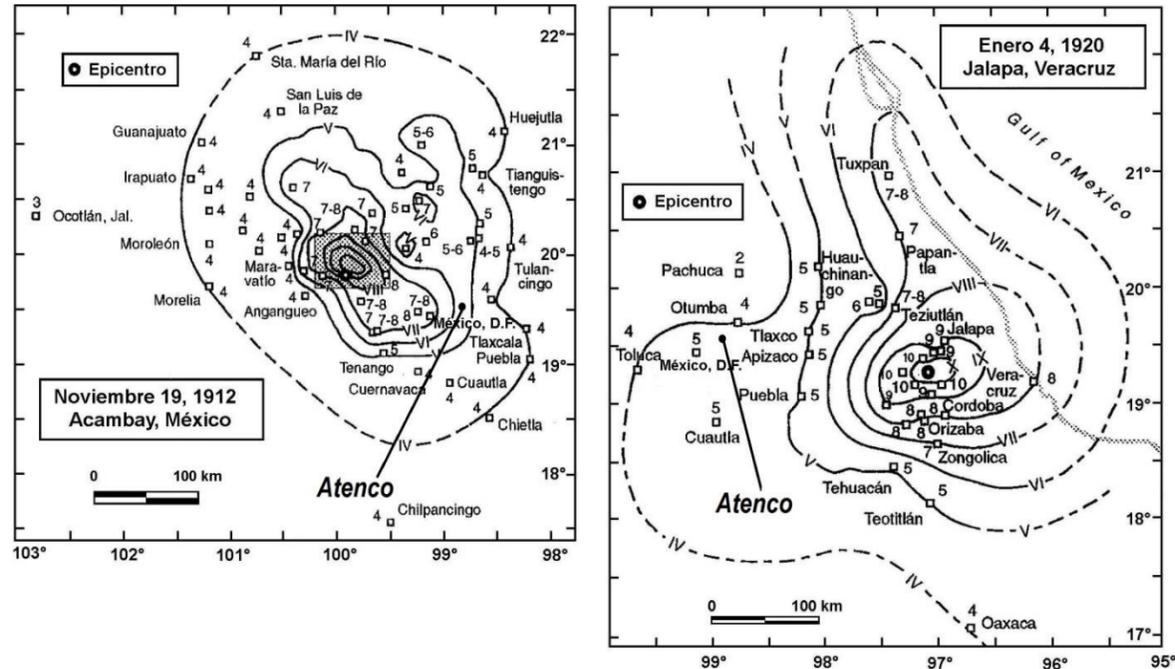


Figura 57. Mapas de isosistas de los sismos de Acambay, Edo de México, el 19 de noviembre de 1912 y del 4 de enero de 1920 en Jalapa, Veracruz (Suter *et al.*, 1996).

5.1.2.3. Sismos intraplaca de profundidad intermedia:

La tercera fuente sismogénica es la debida a la deformación interna de la placa subducida, estos sismos presentan un mecanismo de fallamiento normal, que refleja el rompimiento de la placa oceánica (Cocos y Rivera), que se introduce bajo la continental (norteamericana). Las grandes presiones a las que es sometida la placa cuando se introduce a grandes profundidades, hacen que los materiales de la placa oceánica pierdan el contenido de agua y otros líquidos y se resquebraje.

Esta fuente produce sismos de profundidad intermedia (40-100 km) y magnitudes alrededor de 7.0, ocurren con menor frecuencia que los de subducción. Las intensidades con que se han manifestado estos sismos en Atenco son de III-V (MM) y aceleraciones entre 2.5 y 20 Gal. Sismos de este tipo son como el del 24 de

octubre de 1980 en Huajuapán de León (M=7.0), y el más reciente ocurrido el 15 de junio de 1999 en Tehuacán, Puebla (Mw=7.0), este último produjo intensidades de V (MM) en Atenco (Alcocer *et al.*, 1999; Singh *et al.*, 1999).

Este tipo de sismicidad si bien es menos frecuente que la originada por el proceso de subducción en la costa del Pacífico de México, es particularmente importante, ya que puede alcanzar magnitudes moderadas y grandes, y constituyen más de la cuarta parte de los grandes sismos ocurridos en el país en el siglo XX. Este tipo de sismos se originan generalmente bajo las áreas más densamente pobladas del país, por lo que han causado numerosas muertes y daños materiales a lo largo de los dos últimos siglos en las ciudades y pueblos del altiplano mexicano.

Estudios de diferentes autores han confirmado que si bien, los sismos intraplaca pueden ocasionar grandes daños, si estos se generan al este o sureste del volcán Popocatepetl, se presentará una fuerte atenuación de las ondas sísmicas, por lo que este volcán activo sirve como una barrera natural de protección para la Cuenca de México (Montalvo-Arrieta, 2002; Shapiro *et al.*, 2001). La tabla XX, contiene algunos de los sismos intraplaca más importantes registrados desde 1900 a la fecha, y que han sido sentidos en Atenco. Se observa que la mayoría de los sismos se han manifestado con intensidades de III a V (MM) y aceleraciones de 2.5 a 20 Gal., desde daños menores hasta daños significativos.

Tabla 55. Sismos intraplaca sentidos en Atenco de 1900 a la fecha (Figuroa, 1963; Figuroa, 1975; Yamamoto *et al.*, 1984; Alcocer *et al.*, 1999; López *et al.*, 2001)

Fecha	Lat. N	Lon. W	Prof (km)	Mag.	Intensidad (MM) en Atenco
3-febrero-1911	17.850	97.630	80	7.3	IV
9-febrero-1928	17.850	97.630	84	6.5	III
16-abril-1928	17.750	97.100	80	7.7	III
15-enero-1931	16.340	96.870	40	7.8	IV
26-junio-1937	18.480	96.080	85	7.3	III
11-octubre-1945	18.320	97.650	95	6.5	III
24-mayo-1959	17.720	97.720	80	6.8	IV
28-agosto-1973	18.300	96.530	84	7.0	IV
24-octubre-1980	18.030	98.270	65	7.0	IV
15-junio-1999	18.200	97.470	80	7.0	V



5.1.2.4. Sismos de subducción:

La más importante fuente sísmica que puede afectar a Atenco, es el proceso de subducción de la placa de Cocos y Rivera bajo la norteamericana, esta da origen a los sismos de gran magnitud ($M > 8.0$) ocurridos en la República Mexicana (Suárez y Singh, 1986; Pardo y Suárez, 1995). Estos sismos son particularmente importantes debido a su frecuencia con que ocurren y la intensidad producida en la región. Con base en análisis estadísticos se les han estimado periodos de recurrencia que varían de 30 a 75 años (Singh y Ordaz, 1990). La mayor parte de los sismos que son sentidos con gran intensidad en Atenco, se originan en la zona de subducción del Pacífico mexicano. Estos terremotos son relativamente lejanos, sus epicentros se localizan a distancias de entre 310 y 600 km de Atenco, y son sentidos como movimientos oscilatorios horizontales de período largo.

Los eventos originados por esta fuente se han manifestado en Atenco con intensidades del orden de II-VII (MM), aceleraciones del suelo entre 2.5 y 60 Gal, causando alarma entre los pobladores, además de fuertes daños a la infraestructura. La Tabla 6.2.2.3, es un resumen de los principales sismos de subducción que han afectado a la Cuenca de México.

Esta fuente sísmica ha producido los terremotos más grandes que han ocurrido en México, como son el de Jalisco del 3 de junio de 1932 ($M=8.2$), el de Michoacán del 19 de septiembre de 1985 ($M=8.1$) y el de Colima el 9 de octubre de 1995 ($M=8.0$). Se calcula que el 85% de la energía sísmica liberada en México corresponde a los temblores de subducción (Lomnitz, 1994), históricamente son los que han causado los mayores daños.

Uno de los sismos más importantes para la Cuenca de México, es el ocurrido el 19 de Septiembre de 1985 ($M=8.1$), localizado en la costa de Michoacán, a una distancia aproximada de 410 km de Atenco en donde alcanzó una intensidad de V (MM), lo que significa que fue una sacudida sentida por todas las personas, ruptura de algunas piezas de vajilla y cristales de ventanas; algunos casos de agrietamiento de aplanados; caída de objetos inestables. Balanceo de los árboles, postes y otros objetos altos. Pánico. Aceleración de entre 10 y 20 Gal.

En la ciudad de México el sismo provocó que muchos edificios sufrieran asentamientos excesivos e inclinaciones importantes, incluso el derrumbe total de algunas estructuras. Durante el evento se perdieron más de 20,000 vidas y los daños se estimaron en más de 5,000 millones de dólares (Díaz-Rodríguez, 2006).

Tabla 56. Sismos de subducción con $M > 7.0$ sentidos en Atenco de 1900 a 2016 (Servicio Sismológico Nacional, SSN, <http://www.ssn.unam.mx/>)

FECHA	OBSERVACIONES
14-IV-1907	En la costa de Guerrero, cerca de Acapulco. Magnitud 7.9. Se sintió en el Distrito Federal, Acapulco, Jalisco, Hidalgo, Estado de México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Tabasco, Tlaxcala y Veracruz; Chilpancingo queda reducido a escombros.
30-VII-1909	En la Costa Grande de Guerrero. Magnitud 7.5. Intensidad IX-X en la escala Mercalli Modificada en Acapulco, Gro. Gran destrucción en Acapulco, Chilpancingo, Chilapa y otras poblaciones. Se sintió fuerte en Oaxaca, Puebla, Distrito Federal, Michoacán, Veracruz, Morelos y Estado de México. Réplica de magnitud 6.9 el 31 de julio.
7-VI-1911	En la costa de Michoacán. Magnitud 7.8. Derrumbó el cuartel de San Cosme, el altar de la iglesia de San Pablo y tiró muros en varias partes de la ciudad. Flexionó rieles de tranvía y produjo grietas en las calles. Destruyó 119 casas en el Distrito Federal. Sentido en el Estado de México.
16-XII-1911	Costa de Guerrero Magnitud 7.5. Intensidad IX en la escala Mercalli Modificada en Acapulco, Gro. Se sintió fuerte en Oaxaca, Puebla, Distrito Federal, Michoacán, Veracruz, Morelos, Estado de México, Jalisco y Veracruz.
22-III-1928	En la Costa de; Oaxaca. Magnitud 7.7 Sentido en Tlaxcala, Puebla, Querétaro, Guerrero, Michoacán, Veracruz, Tabasco, Ciudad de México y Estado de México.
17-VI-1928	En las costas de Oaxaca. Magnitud 8.0. Intensidad VI en la Ciudad de México y Estado de México.
4-VIII-1928	En las costas de Oaxaca. Magnitud 7.4. Intensidad VI en la Ciudad de México y Estado de México.
9-X-1928	En la costa de Oaxaca de magnitud 7.8. Daños importantes en la región epicentral. Sentido Estado de México y Distrito Federal.
3-VI-1932	En las costas de Jalisco. El sismo más grande que se haya registrado este siglo en México. Magnitud 8.4. En el D.F. numerosas grietas y casas derrumbadas. Gran cantidad de cañerías reventadas. Derrumbó varias casas y tiró muchas bardas. Sentido fuertemente en el Estado de México.
15-IV-1941	En las costas de Colima. Magnitud 7.9. En el D.F. dañó la cúpula del cine Insurgentes. Cuarteó edificios y produjo grietas en las calles. Sentido fuerte en el Estado de México.
28-VII-1957	Cerca de Acapulco. Magnitud 7.7. Destruyó varias casas y edificios en la ciudad de México. Derribó el Ángel de la Independencia. Se levantó el pavimento en varios sitios. Sentido fuertemente en el Estado de México.



14-III-1979	En Petatlán. Magnitud 7.6. Daños en la colonia roma. Destruyó la Universidad Iberoamericana en la colonia Campestre Churubusco. Sentido fuerte en el Estado de México.
19 y 20-IX-1985	En las costas de Michoacán. Derrumbó muchas casas en Ciudad Guzmán y causó daños a edificios en Ixtapa, Zihuatanejo y Lázaro Cárdenas. Magnitud 8.1 Y 7.6. Gran destrucción en el centro de la ciudad de México. Sentido fuertemente en el Estado de México.
14-IX-1995	Costa de Guerrero. Magnitud 7.3. Sentido fuertemente en la Ciudad de México y Estado de México. Intensidad IV-V.
21-I-2003	En las costas de Colima Magnitud 7.6. Sentido fuertemente en la Ciudad de México. Sentido fuerte en el Estado de México.
20-III-2012	Al Sur de Ometepec, costa de Gro. Magnitud 7.4. Sentido fuerte en la Ciudad de México y Estado de México.
18-IV-2014	Costa de Guerrero. Magnitud 7.2. Sentido fuertemente en la Ciudad de México y Estado de México.

5.1.2.5. Zonificación sísmica de la Ciudad de México.

El municipio de Atenco se ubica dentro de la Cuenca de México, en una región de peligro sísmico moderado (Zona B, de acuerdo a la regionalización sísmica de México), sin embargo, existen condiciones geológicas particulares, que producen una amplificación generalizada de las ondas sísmicas en la Cuenca o Valle de México, debido a lo cual, los distintos suelos no responden igual ante un sismo. Existen tres tipos de zonas, una rocosa que constituye suelos generalmente firmes, otra zona presenta suelos blandos, de muy baja resistencia, y otra que forma los suelos de transición.

De lo anterior se desprende la necesidad de identificar y caracterizar los suelos cuya respuesta dinámica frente a terremotos es semejante, es a lo que se denomina Zonificación Sísmica, y tiene el fin de detectar comportamientos diferentes ante la ocurrencia de un sismo fuerte.

La zonificación sísmica es un elemento esencial para la reducción del riesgo sísmico en los centros poblacionales, ya que el efecto del tipo de suelo sobre la amplitud y la naturaleza de las ondas sísmicas, ha sido reconocido como crucial para la estimación de la peligrosidad sísmica. En la zonificación sísmica propuesta por Marsal y Mazari (1959) de acuerdo a los tipos de suelos, en el Valle de México se distinguen tres zonas (figura XX):

Zona firme o de lomas (I): localizada en las partes más altas de la cuenca del valle. Está formada por suelos de alta resistencia y poco compresibles. Presenta rocas o suelos generalmente firmes que fueron depositados fuera del ambiente lacustre, pero en los que pueden existir, superficialmente o intercalados, depósitos arenosos en estado suelto o cohesivos relativamente blandos. En esta Zona, es frecuente la

presencia de oquedades en rocas y de cavernas y túneles excavados en suelo para explotar minas de arena.

Zona de transición (II): presenta características intermedias entre la Zonas I y III. Está conformada por depósitos profundos alrededor de 20 m, y está constituida predominantemente por estratos arenosos y limo-arenosos intercalados con capas de arcilla lacustre, el espesor de éstas es variable entre decenas de centímetros y pocos metros.

Zona de lago (III): esta zona a su vez se divide en cuatro subzonas (IIIa, IIIb, IIIc y IIId), se encuentra localizada en las regiones donde antiguamente se encontraban lagos (lago de Texcoco, lago de Xochimilco). El suelo consiste en depósitos lacustres muy blandos y compresibles con altos contenidos de agua, lo que favorece la amplificación de las ondas sísmicas y el fenómeno de licuación de arenas. Se encuentra integrada por grandes depósitos de arcilla altamente comprensible, separados por capas arenosas con contenido diverso de limo o arcilla. Estas capas arenosas son de consistencia firme a muy dura, de espesores variables de centímetros a varios metros. Los depósitos lacustres suelen estar cubiertos superficialmente por suelos aluviales y rellenos artificiales; el espesor de este conjunto puede ser superior a 50 m.

El efecto de suelo local más importante en el Valle de México, es debido a que las ondas que llegan al Valle por la roca base, sufren modificaciones y amplificaciones extraordinarias, al transmitirse hacia la superficie a través de los estratos de arcilla comprensible que existen en los lechos de los antiguos lagos, cuyo espesor no sobrepasa los 150 m (Reinoso-Angulo, 2007; Torres, 2011).

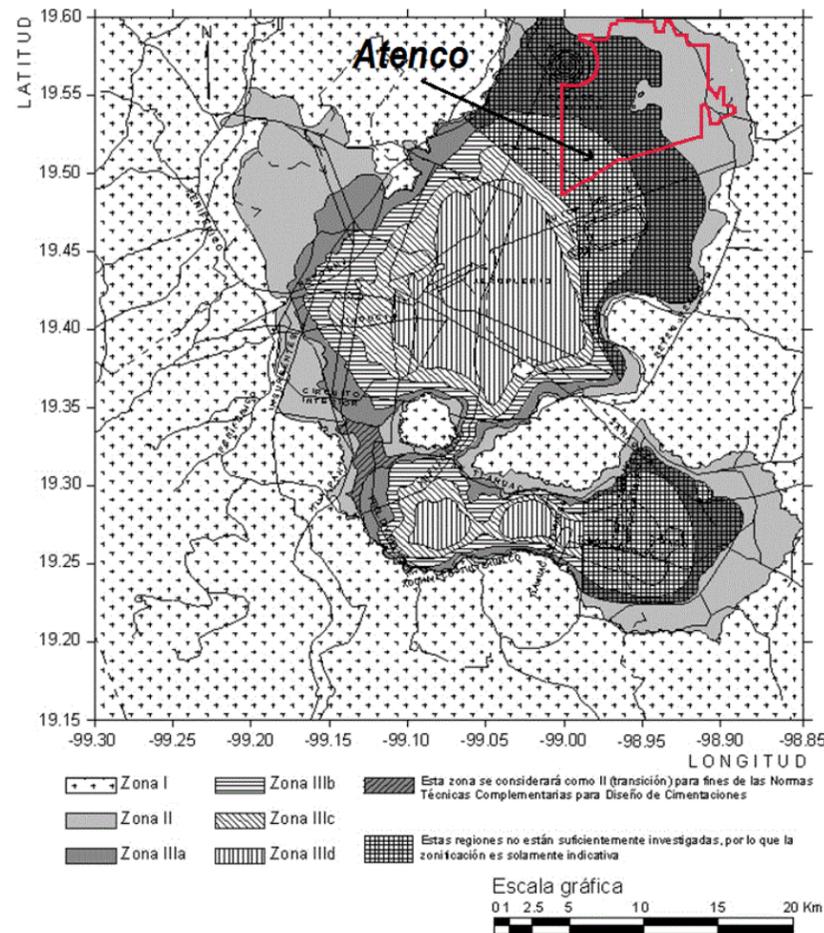


Figura 58. Zonificación del Valle de México para fines de diseño por sismo (NTCDS, 2004).

En el municipio de Atenco, de acuerdo con la zonificación sísmica del Valle de México, se observan dos tipos de suelos. La Zona II (transición), que se encuentran en la porción oriental y un poco de la porción norte del Municipio, es decir es el área de pie de monte.

La Zona III (lago), ocupa más de la mitad de los terrenos de Atenco, y corresponde a los terrenos del antiguo Lago de Texcoco, sitio susceptible a los efectos de amplificación dinámica en los depósitos lacustres. De acuerdo con las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo (NTCDS, 2004) (Figura 6.2.2.7), en la región de Atenco, la Zona III, no ha sido lo suficientemente investigada, por lo que la zonificación es solamente indicativa.

Sin embargo, se debe considerar que, en general la intensidad sísmica aumenta en los sitios en donde el terreno es blando, y se ha observado que los daños producidos por los sismos de gran magnitud han sido más graves que en estos sitios que en terreno firme.

La zona de lago (III), es la de mayor peligro sísmico en el Valle de México, debido a que es posible que presente el fenómeno de licuación de arenas, ya que este puede manifestarse en sitios donde el terreno está constituido por depósitos limosos y/o arenosos de espesor considerable, poco consolidados, con el nivel freático a pocos metros de profundidad y cercanos a zonas generadoras de sismos someros de magnitud moderada o grande (Reinoso-Angulo, 2007).

Otro factor importante es que, los sedimentos lacustres de origen volcánico pueden presentar altas aceleraciones y que su comportamiento mecánico, tanto estático como dinámico es complejo (Díaz-Rodríguez, 2006). Debido a esto, y a pesar de la gran distancia epicentral a la que ocurren los sismos de subducción (310 a 600 km), el tipo de ondas que llegan al Valle son ricas en periodos largos que sufren menos atenuación, y experimentan gran amplificación al atravesar las arcillas del lago.

5.1.2.6. Peligro por sismos.

El mayor peligro por sismos al que está expuesto el municipio de Atenco es el debido a la ocurrencia de sismos de subducción, dada la frecuencia con que ocurren y a que pueden generar movimientos sísmicos energéticos en frecuencias altas. Sin embargo, también deben considerarse el peligro que representan las otras tres fuentes sísmicas (locales, corticales e intraplaca) que, aunque menos frecuentes, son muy peligrosos al originarse a distancias cercanas al Municipio, y por lo tanto tienen la capacidad de producir daños importantes.

La figura siguiente, muestra las ubicaciones de los sismos corticales, intraplaca y de subducción más importantes, que han ocurrido en México y que han sido sentidos y de alguna forma afectado a Atenco.

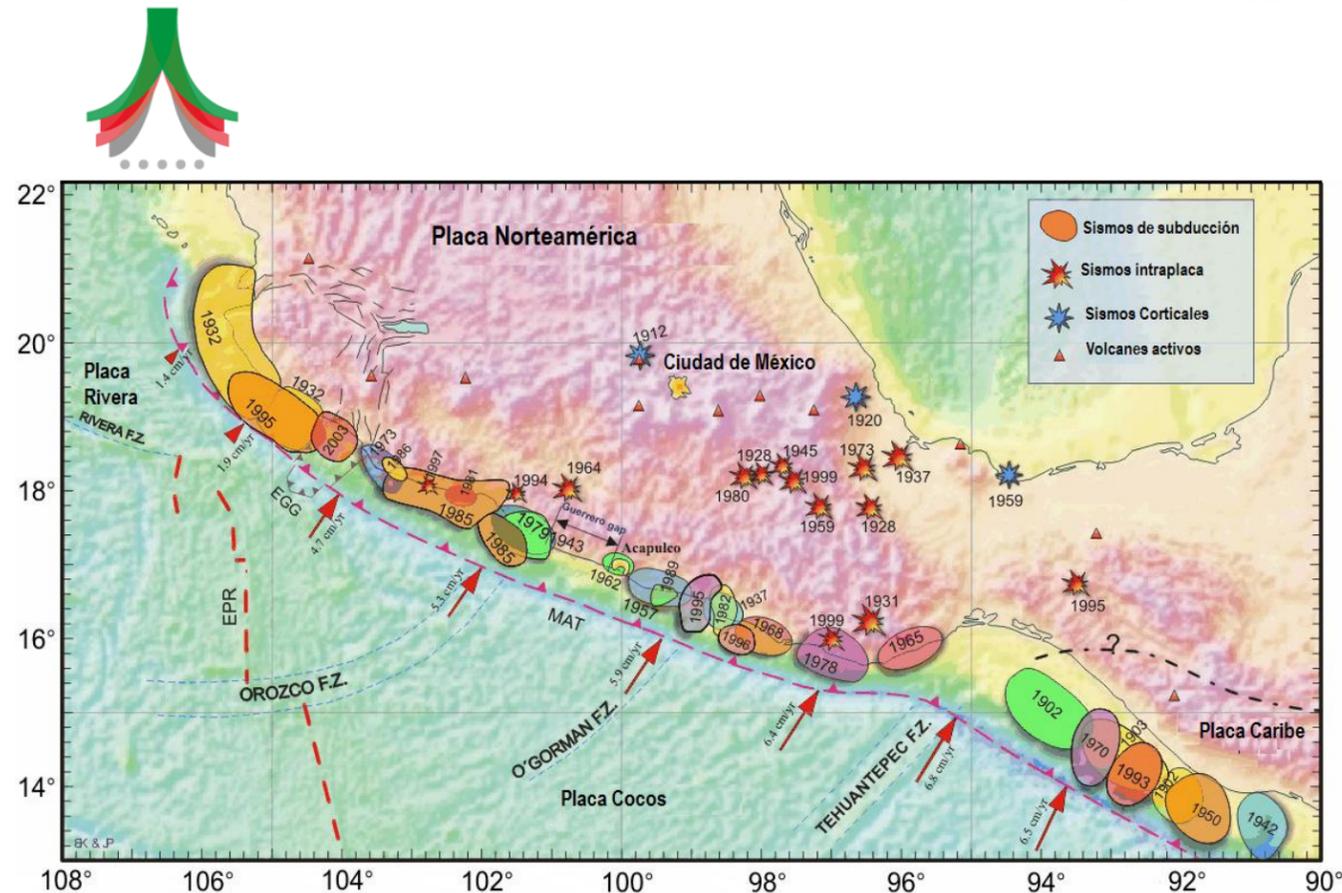


Figura 59. Ubicación de los sismos más importantes de México (Kostoglodov y Pacheco, 1999).

Las intensidades esperadas en Atenco en función de la aceleración máxima del terreno asociada a periodos de retorno, son de 11, 81 y 135 Gal (cm/seg²) para periodos de retorno de 10, 100 y 500 respectivamente (PSM, 1996), esta información es fundamental para el diseño de la construcción. De lo anterior se desprende que los sismos que son capaces de producir daños importantes en Atenco, es decir que pueden llegar a generar aceleraciones del terreno por encima de los 150 Gal, se presentan en periodos de retorno de más de 500 años (Gutiérrez *et al.*, 2006).

De acuerdo a la clasificación de construcciones según su destino realizado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 2008), los tipos de construcción que predominan en Atenco son del tipo B y A, se trata de estructuras en que se requiere un grado de seguridad convencional, como son locales comerciales, estructuras comunes destinadas a vivienda u oficinas, salas de espectáculos, hoteles, depósitos y estructuras urbanas o industriales, muros de retención, bodegas ordinarias, bardas y plantas de generación de energía eléctrica; sistemas de abastecimiento de agua potable, subestaciones eléctricas, centrales telefónicas, estaciones de bomberos, archivos y registros públicos, monumentos, museos, hospitales, escuelas, estadios, templos, gasolineras, etc. Los daños en este tipo de construcciones pueden llegar a ser considerables a partir de un nivel de excitación del terreno igual o mayor al 0.15 de g (aceleración de la gravedad terrestre) (CFE, 2008).

De acuerdo al mapa generado por la Comisión Federal de Electricidad de Periodos de Retorno para Aceleraciones de 0.15 de g y mayores, el periodo de retorno de sismos capaces de producir excitación del terreno mayores de 0.15 de g en Atenco es de 947 años (Gutiérrez *et al.*, 2006) (Figura 6.2.2.9).

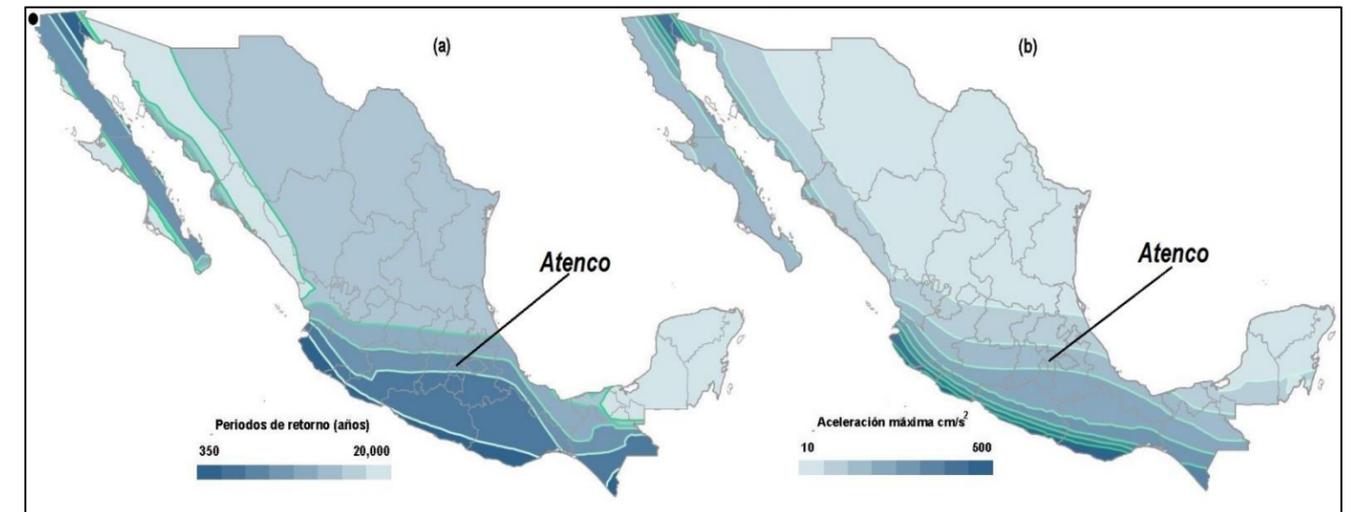


Figura 60. Mapa de periodos de retorno (a) y sus correspondientes aceleraciones máximas del terreno (b) (Comisión Federal de Electricidad, 2008).

Por otro lado, si bien es cierto que la forma más común de representar cualquier tipo de peligro natural, es a través de los periodos de retorno (o su inverso, la tasa de excedencia), definida como el número medio de veces, en que, por unidad de tiempo, ocurre un evento que exceda cierta intensidad. Generalmente en el caso del peligro sísmico, como para muchos otros fenómenos, no es posible representar el peligro en términos de periodos de retorno, ya que no es posible contar con la información suficiente para este tipo de representación (Guevara *et al.*, 2004).

De acuerdo a las Bases Técnicas para la evaluación del peligro sísmico, publicadas en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 1999), la determinación del peligro sísmico en México en forma directa, es decir a través de los periodos de retorno, rara vez se puede realizar ya que en forma general, en nuestro país no se dispone de catálogos completos de las aceleraciones que se han producido en un sitio dado los sismos pasados, y por lo tanto no es posible realizar la curva de intensidades contra tasa de excedencia, como medio para la evaluación del peligro sísmico.

A lo largo de su historia, Atenco ha sido afectado por sismos de diferentes tipos y magnitudes, así como de diversas intensidades, que han llegado a provocar algunos daños, si esto se combina con otros tipos de fenómenos, como podría ser el caso de las fracturas o agrietamientos del terreno, el riesgo podría verse incrementado en forma importante ante la ocurrencia de un sismo.



De acuerdo a lo anterior todo el territorio del municipio de Atenco se encuentra expuesto a la acción de los sismos, por lo que se le asignó un nivel de peligrosidad **MEDIO-ALTO** con un grado de detalle de estudio de Nivel 2.

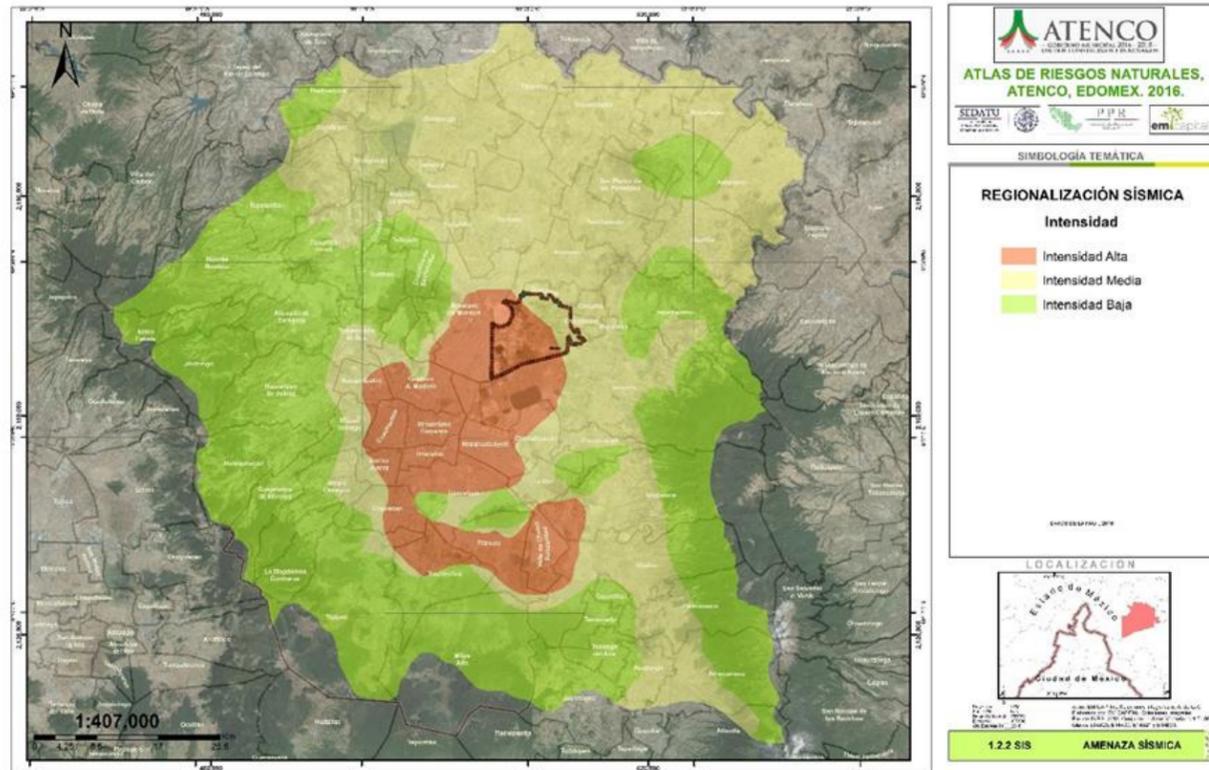


Figura 61. Regionalización sísmica para el Municipio de Atenco, Estado de México

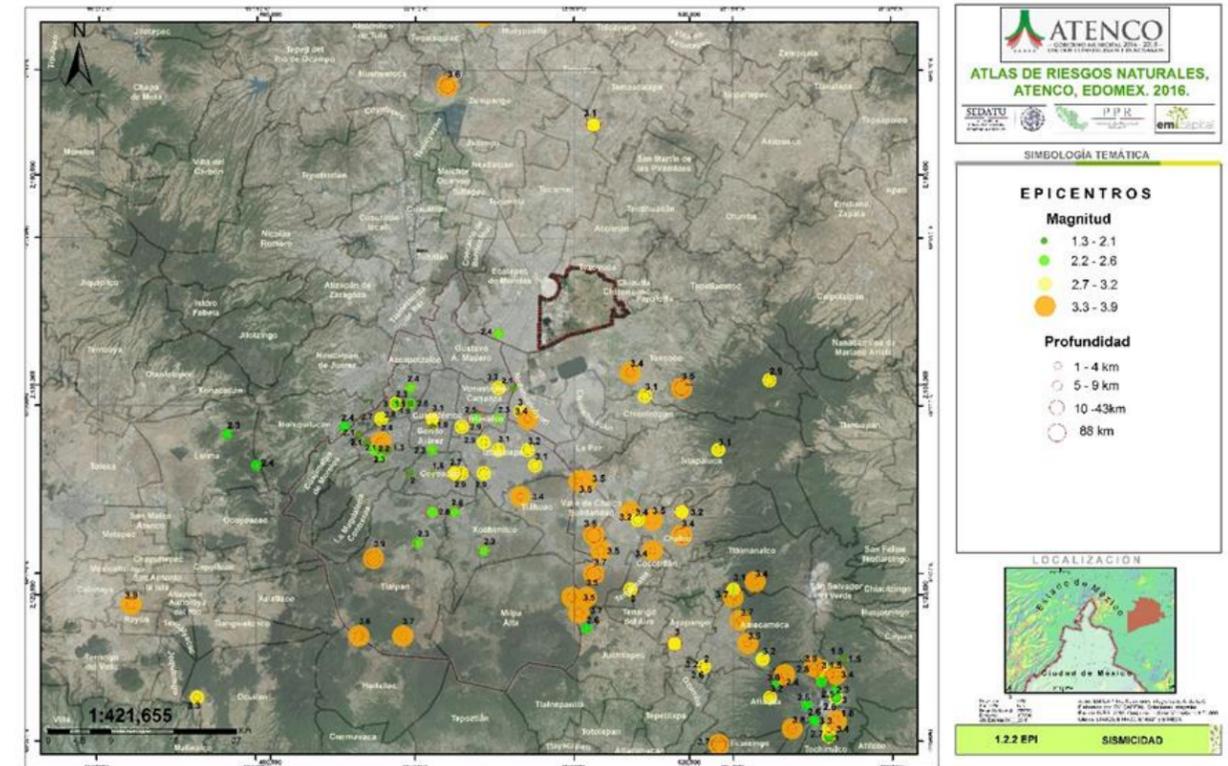


Figura 62. Epicentros de los últimos Sismos cercanos al Municipio de Atenco, Estado de México.

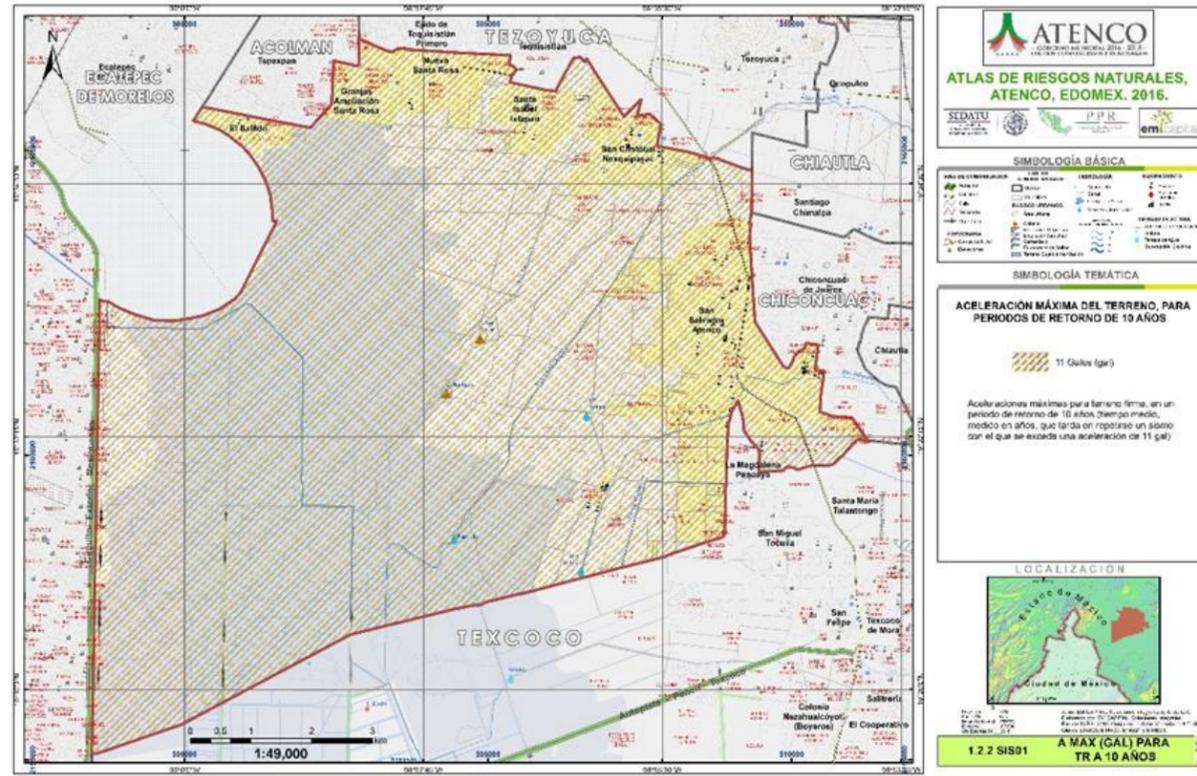


Figura 63. Aceleración máxima del terreno para periodos de retorno de 10 años.

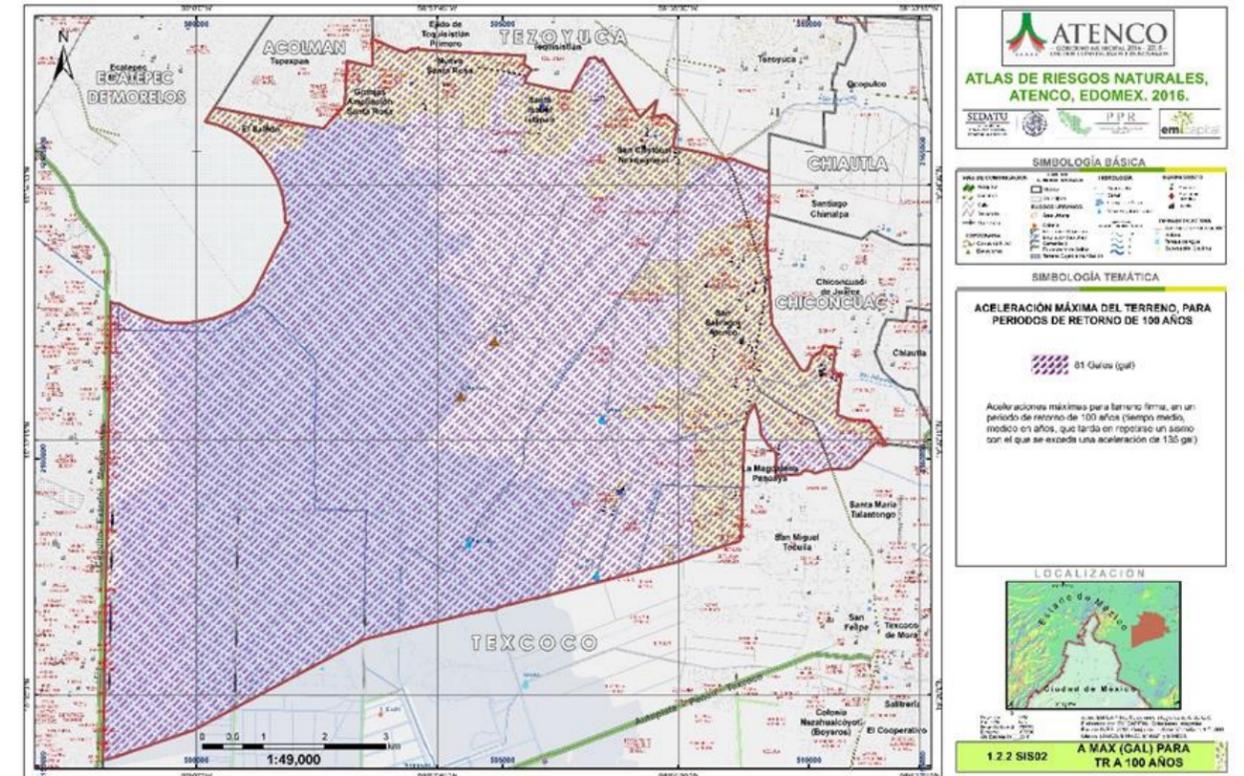


Figura 64. Aceleración máxima del terreno para periodos de retorno de 100 años.

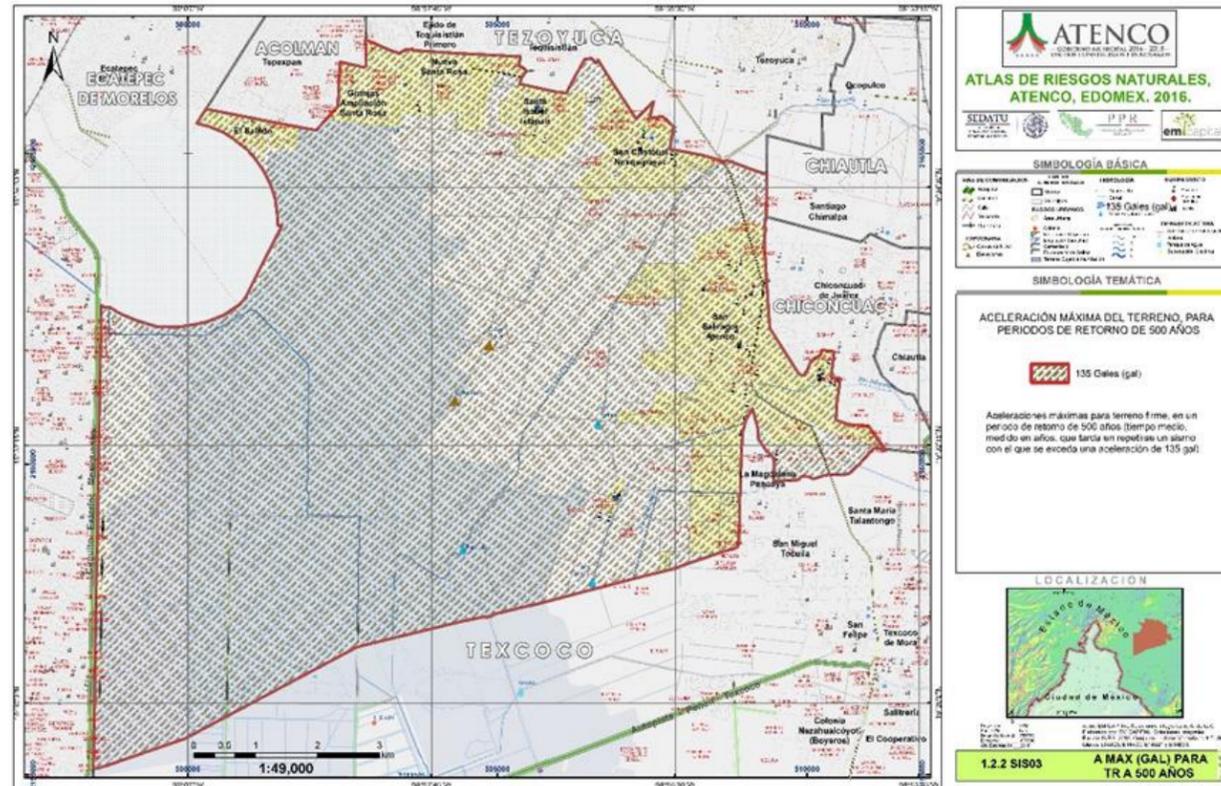


Figura 65. Aceleración máxima del terreno para periodos de retorno de 500 años.

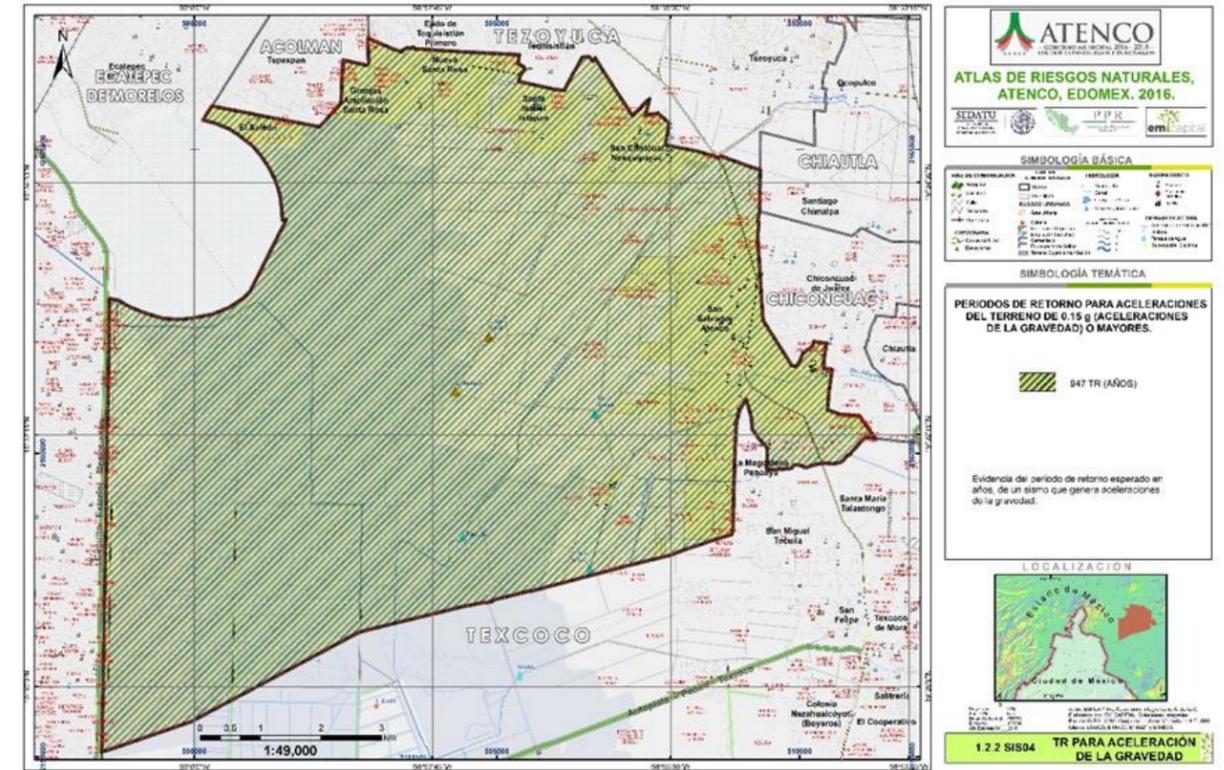


Figura 66. Periodos de retorno para aceleraciones del terreno de 0.15 g

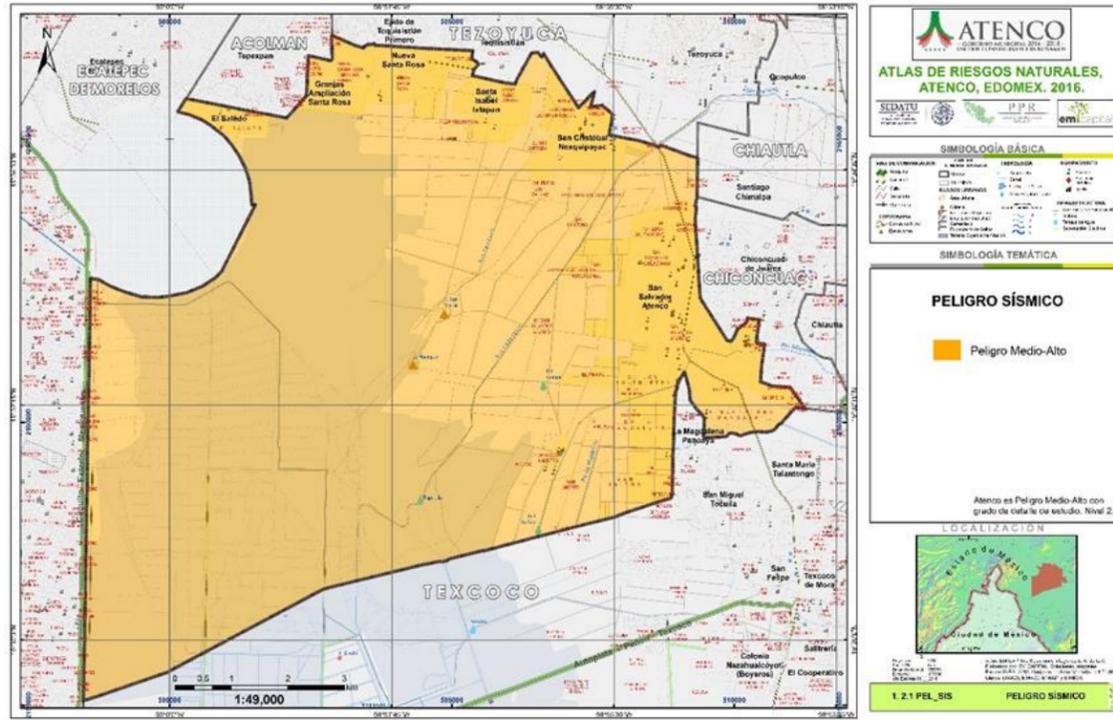


Figura 67. Peligro Sísmico para el Municipio de Atenco, Estado de México.

5.1.3. Tsunamis.

Los tsunamis o maremotos están formados por una secuencia de olas causadas generalmente por terremotos que ocurren debajo del fondo marino. Aunque menos comúnmente, los tsunamis también son generados por derrumbes submarinos, erupciones volcánicas submarinas y muy raramente por el impacto de un gran meteorito en el océano. Cabe aclarar que las erupciones volcánicas submarinas tienen el potencial de producir ondas de tsunami verdaderamente poderosas (Farreras, 2005).

Los tsunamis originados por la ocurrencia de un terremoto cerca o en el fondo del océano son los más comunes y cuando las olas arriban a las costas con gran altura, pueden provocar efectos destructivos como pérdida de vidas y daños materiales. En México la gran mayoría de los tsunamis se originan por sismos que ocurren en el contorno costero del Océano Pacífico, en las zonas de hundimiento de los bordes de las placas tectónicas, que constituyen la corteza del fondo marino, afectando particularmente a las zonas costeras (Farreras, 2005).

Por su posición geográfica el territorio del municipio de Atenco no es afectado por este tipo de fenómeno.

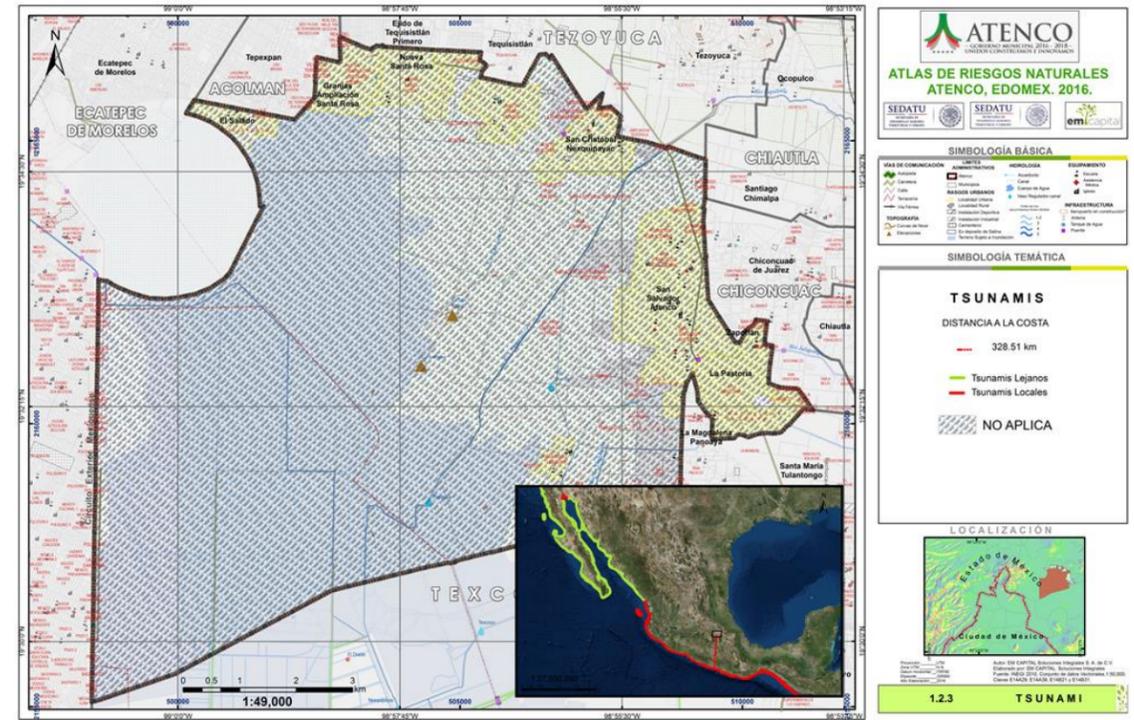


Figura 68. Peligro por Tsunami para el Municipio de Atenco, Estado de México.

5.1.4. Inestabilidad de laderas.

Un talud es una masa de tierra o roca que posee pendiente o cambios de altura significativos (Suárez, 1998). En la literatura técnica se utiliza la palabra “ladera” cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y “talud” cuando se formó artificialmente. Los taludes se pueden agrupar en tres categorías generales: los terraplenes, los cortes de laderas naturales y los muros de contención.

Debido a la ausencia de elevaciones importantes o cortes irregulares sobre el talud se considera que dicho fenómeno no aplica en el Municipio de Atenco. **No Aplica.**

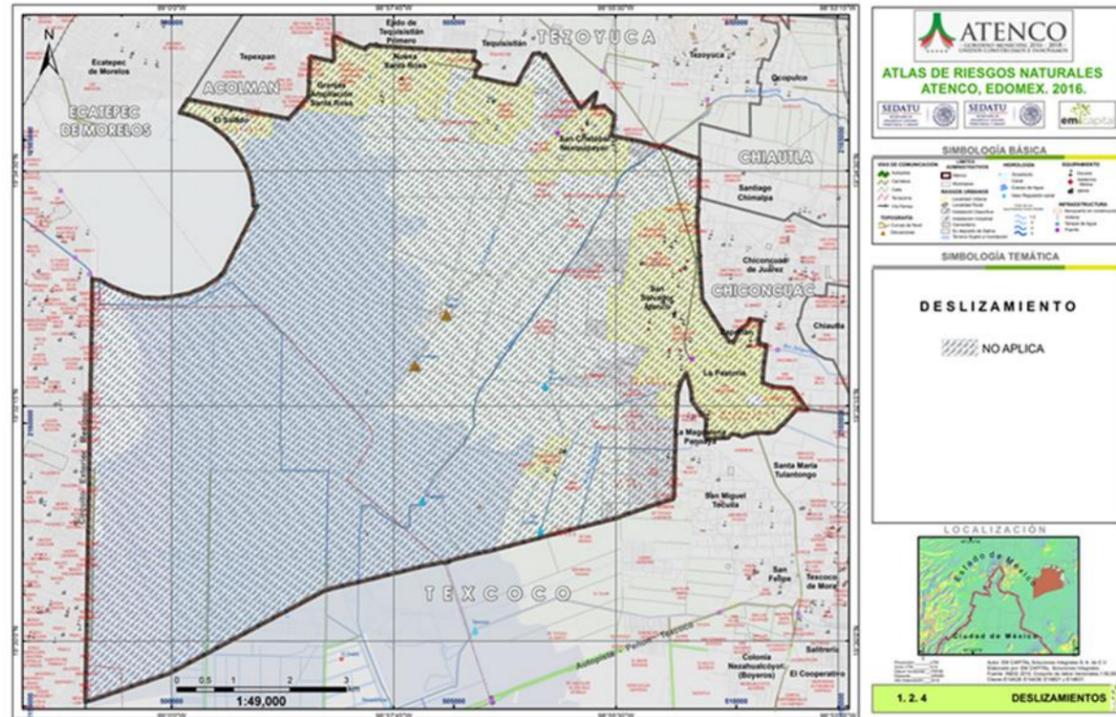


Figura 69. Peligro por Deslizamiento para el Municipio de Atenco, Estado de México.

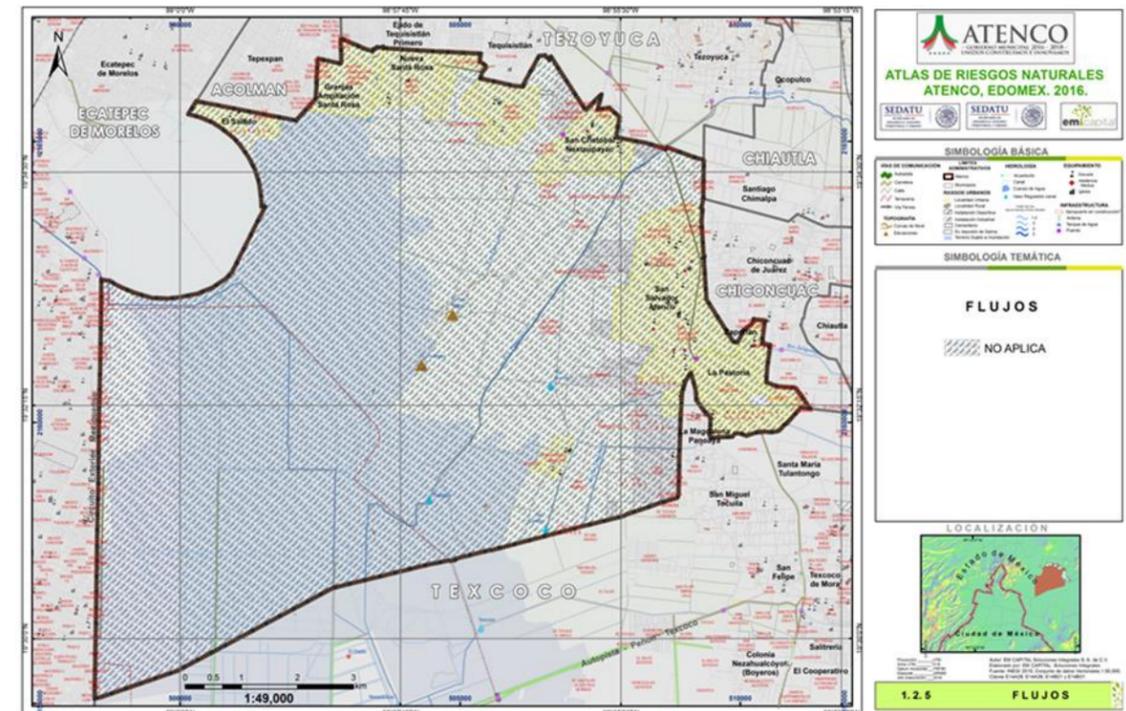


Figura 70. Peligro por Flujos para el Municipio de Atenco, Estado de México.

5.1.5. Flujos.

Los flujos se refieren al movimiento de una masa desorganizada de material, donde no todas las partículas se desplazan a la misma velocidad ni sus trayectorias tienen que ser paralelas (Hungr et al., 2005). Debido a ello la masa movida no conserva su forma en su movimiento descendente, adoptando a menudo morfologías lobuladas. Para este tipo de movimientos es determinante la granulometría y el grado de saturación que los materiales puedan presentar. **No Aplica.**

5.1.6. Caídos o derrumbes.

Se refiere al descenso rápido y libre de bloques de roca con tamaño y forma variable, de taludes con fuerte pendiente. El movimiento puede incluir deslizamiento, rodamiento, rebotes y caída libre. Este mecanismo es común en escarpes de falla, cortes verticales y taludes formados por bloques inmersos en una matriz fina. **No Aplica.**

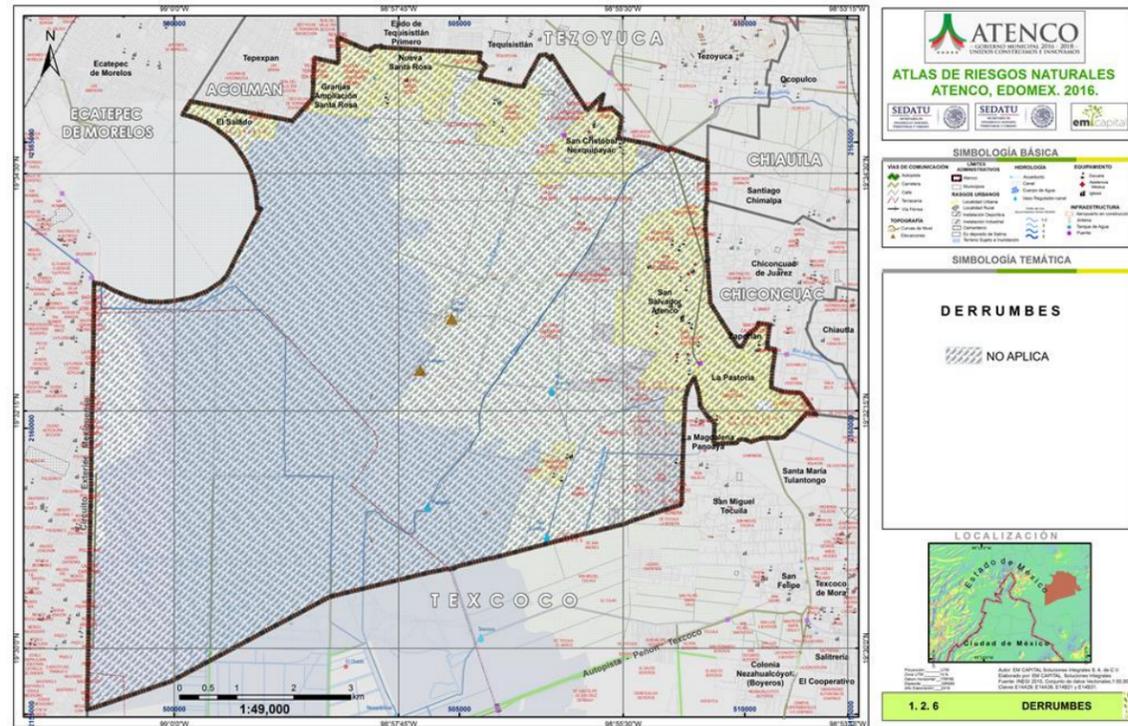


Figura 71. Peligro por caídos y/o derrumbes para el Municipio de Atenco, Estado de México.

5.1.7. Hundimientos.

Un hundimiento es un movimiento de la superficie terrestre en el que predomina el sentido vertical descendente y que tiene lugar en áreas acinales o de muy baja pendiente. Este movimiento puede ser inducido por distintas causas y se puede desarrollar con velocidades muy rápidas o muy lentas según sea el mecanismo que da lugar a tal inestabilidad.

Los hundimientos son comunes en donde la roca que existe debajo de la superficie es piedra caliza, roca de carbonato, tiene capas de sal o son rocas que pueden ser disueltas naturalmente por la misma circulación del agua subterránea. Al disolverse la roca, se forman espacios y cavernas subterráneas, la tierra se mantiene usualmente intacto por cierto tiempo, cuando estos espacios se hacen demasiado grandes y ya no pueden soportar el peso de la superficie de la tierra ocurre el hundimiento.

Los hundimientos pueden ser clasificados en dos tipos:

1. Hundimientos y colapsos de cavidades subterráneas, con o sin reflejo en superficie. Es el movimiento vertical rápido y súbito, es decir, el hundimiento se da de forma rápida con una duración de segundos por cada metro cuadrado.

2. Subsidiencias o descensos lentos y paulatinos de la superficie del terreno. Es el movimiento vertical lento o muy lento, es decir, el hundimiento se da poco a poco, de forma gradual unos metros o centímetros al año, afectando a una superficie amplia de kilómetros cuadrados.

Las cavidades subterráneas pueden tener un origen natural o antrópico. Los hundimientos de origen natural, asociados a presencia de cavidades o cuevas naturales, están relacionados con materiales kársticos o solubles. Los hundimientos producto de actividad antrópica son favorecidos por las explotaciones mineras de interior (excavación de minerales estratificados como el carbón, o minería de disolución en materiales salinos), excavaciones para túneles de carretera, ferrocarril o metro, almacenamientos.

En el municipio, se detectaron algunas zonas de hundimiento, asociadas a contrastes litoestratigráficos importantes.

El suelo del municipio de Atenco, se caracteriza por ser cohesivo saturado, donde generalmente se presenta esfuerzos de expansión y dilatación o alteración hidrodinámica por el descenso del nivel freático de los mantos y bombeo de agua subterránea, identificando posibles hundimientos locales, definiendo el suelo como un cambio de volumen transitorias o permanentes, ocasionando la deformación del suelo, provocando asentamientos en viviendas, estructuras e infraestructura.

Debido a la desecación del Lago de Texcoco, se asocia hundimientos locales debido a la erosión, transporte y disolución de materiales, delimitándose zonas de relleno de escombros, donde debido a las mismas compactaciones locales.



Figura 72. Hundimiento del terreno y afectaciones a estructura. Fuente: Imagen de Google Earth, 2016.

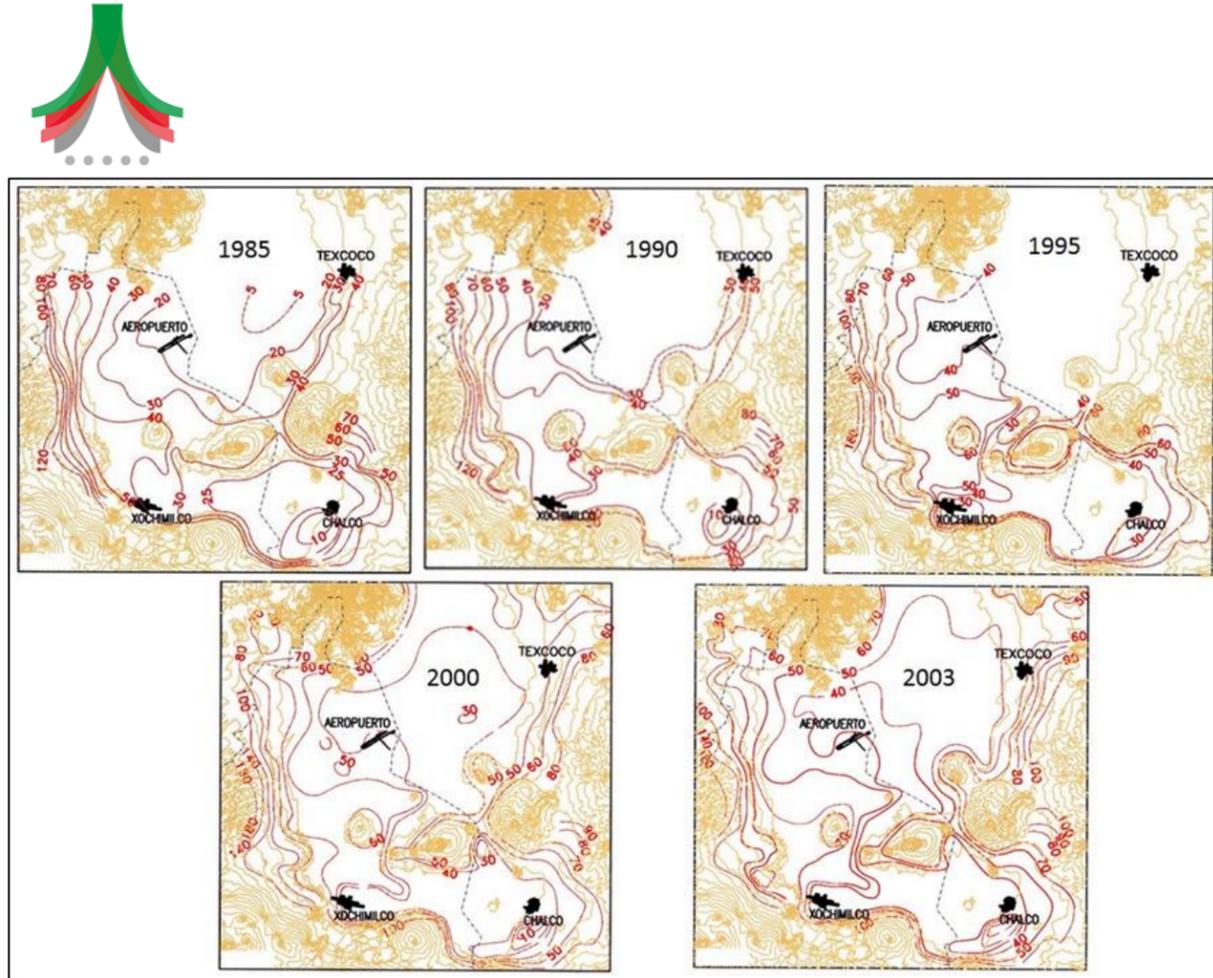


Figura 73. Hundimiento de 1985 a 2003 en el acuífero de la Ciudad de México. (Lesser y Asociados, S. A. de C. V. 2005).

Los factores detonantes de este fenómeno son principalmente:

Factores Naturales:

- Presencia de corrientes subterráneas
- Erosión de depósitos lacustres
- Disolución de Material rocos
- Fallamiento y/o agrietamiento
- Consolidación natural de materiales de depósito en zonas lacustres
- Subsistencia

Factores Antrópicos

- Sobrecarga de infraestructura
- Construcciones subterráneas en deterioro

- Mala compactación del suelo en construcciones
- Sobreexplotación de Acuífero

El Municipio de Atenco, Estado de México, se localiza en la Zona Lacustre del Antiguo Lago de Texcoco, el cual se caracteriza por tener suelos cohesivos saturados que presentan esfuerzos de expansión y dilatación o alteración hidrodinámica por el descenso del nivel freático del acuífero y niveles de abatimiento en pozos de agua subterránea, identificando posibles hundimientos locales, lo cual provocan un cambio de volumen transitorio o permanente, dando como resultado la deformación en suelo, asentamientos en viviendas, estructuras e infraestructura.

Para el análisis de Susceptibilidad de este fenómeno en el municipio, se implementó una metodología bajo el esquema de análisis multicriterio y sobreposición de capas. Para ello se identificaron variables potenciales que detonan el desarrollo de este fenómeno en el territorio municipal; otorgando un valor para la adición de cada capa y obtener la intensidad de Susceptibilidad del Hundimiento en el municipio.

Los factores considerados que detonan el fenómeno de hundimiento en el municipio y que se consideraron para el análisis cartográfico de la Susceptibilidad del fenómeno, son:

1.- Susceptibilidad por Subsistencia

Por su ubicación geográfica en la zona Lacustre de antiguo Lago de Texcoco, el municipio de Atenco, se caracteriza por presentar una alta compresibilidad y baja resistencia en sus suelos, dando como resultado que el fenómeno de subsistencia se desarrolle aunado por la morfología presente en la cuenca del Valle de México.

A partir del análisis topográfico, estratigráfico y piezométrico de bancos de nivel monitoreados por el sistema de Aguas de la Ciudad de México y la Comisión Nacional del Agua, Sondeos geotécnicos y Mediciones Piezométricas realizados por empresas especializadas en Mecánica de Suelos e instituciones gubernamentales, Pérez Centeno, 2009, propone un Modelo de Subsistencia Acumulada para la Zona Lacustre del Valle de México, con magnitud máxima de 13 m, en el centro de la Ciudad de México, en un periodo de 43 años a partir de 1962 al 2005. De donde el municipio de Atenco presenta un rango de subsistencia anual de 0 - 11m de hundimiento acumulado en dicho periodo.

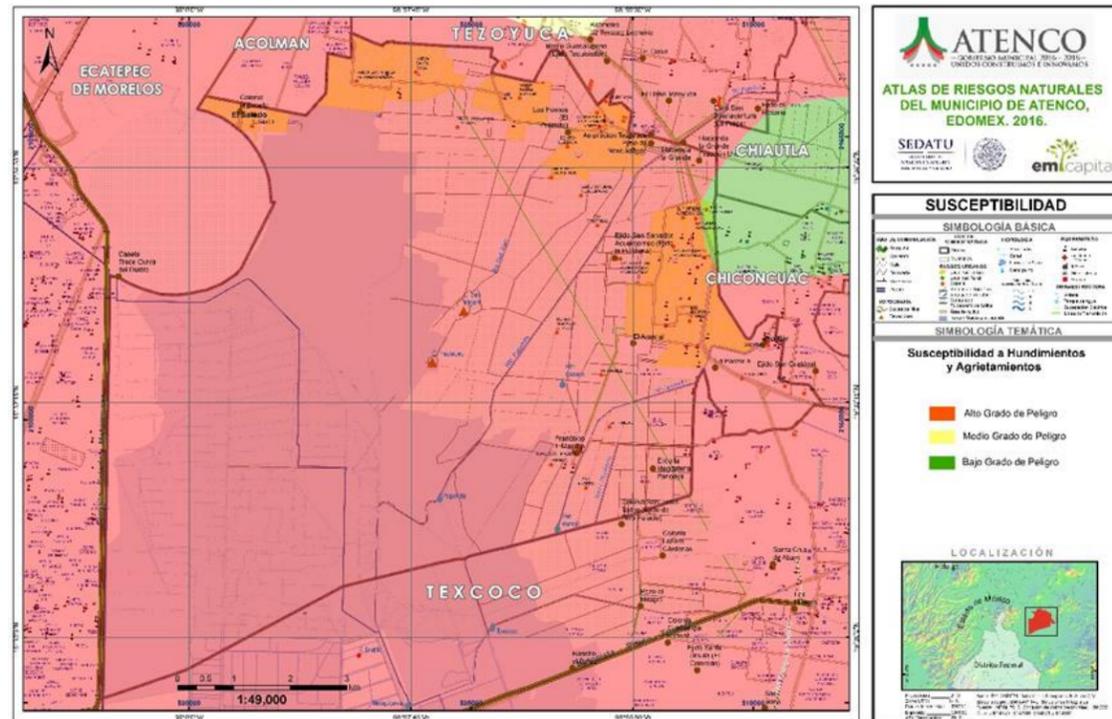


Figura 74. Susceptibilidad al hundimiento para el Municipio de Atenco, Estado de México. Con datos de la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la CDMX PAOT.

2.- Zonas sujetas a inundación, considerando la zonificación de áreas inundables y no inundables.

A partir del análisis del comportamiento de las variantes de edafología y topografía mediante el uso de percepción remota, el INEGI propone una zonificación de áreas inundables y no inundables, considerando que el municipio presenta una edafología característica con dos tipos de suelos particulares.

Al poniente del municipio se observa la presencia de suelos de tipo Solonchak, suelos con característicos de ambientes que van de semicálidos a cálidos, en donde la evapotranspiración es considerablemente mayor a la precipitación; las sales disueltas en la humedad del suelo permanecen en él y se acumulan en la superficie después de la evaporación-transpiración, o el agua de riego, la estructura del suelo puede degradarse, particularmente si las sales contienen compuestos de sodio y/o magnesio. Una fuerte peptización de las arcillas a causa de las lluvias (de invierno) puede transformar temporalmente en impermeable la superficie del suelo.

Al este del territorio municipal, los suelos son de tipo vertisol, caracterizados por presentar grietas en las estaciones secas del año, debido al alto contenido de arcillas (montmorillonita contenido > 30%), y por su alto grado de compactación. Sin embargo, tras la temporada de alta precipitación estos suelos tienen la

propiedad de ser suelos muy plásticos, por lo que el manejo de estos es bastante complicado, no obstante, un buen manejo puede dar lugar a altas tasas de productividad de cultivos. Es importante mencionar que debido al alto grado de plasticidad que presentan estos materiales, la infraestructura subterránea no plástica y ajena al suelo, puede dar lugar a roturas (dependiendo de su elasticidad) debido a las tensiones que el crecimiento y cierre de las grietas puede producir.

Aunado a las características edafológicas del terreno del municipio, éste presenta un relieve de baja pendiente, que permite la acumulación de depósitos sedimentarios y de corrientes fluviales. Por lo que el estudio y observación del comportamiento de este insumo es requerido para el análisis de susceptibilidad del hundimiento en el municipio.

3.- Geología referida a la litología y características mecánicas de los depositados lacustres presentes.

Atenco está situado en una planicie lacustre en la cuenca de México con un área de aproximadamente 9,600 km², a 2,250 m.s.n.m. De acuerdo a registros de pozo, los estratos de sedimentos son de una granulometría finas alternados de arcilla, limo arena fina y caliza lacustre que se interdigitan con tobas, brecha y lavas, que lateralmente cambian a conglomerados. Estos materiales presentan características mecánicas que contribuyen a los procesos de consolidación y expansión, por lo que los suelos presentan un alto grado de plasticidad y deformación en temporada de precipitación.

Por lo anterior, las variables consideradas para el análisis de Susceptibilidad de Hundimiento en el municipio, se sobreponen a fin de identificar zonas en las que impacte más el fenómeno, al sumar cada variable, asignando un peso para su cuantificación.

Tabla 57. Valores Asignados a las variables identificadas para el análisis de Susceptibilidad de Hundimiento en Atenco, Estado de México

Variable	Valor asignado	Valor Total
Geología	1	1
Terrenos Sujetos a inundación	0.7	1
Terrenos no sujetos a no Inundación	0.3	
Subsidencia (Rangos de Magnitud)	11m – 13m	0.6
	7m – 10m	0.3
	2 m – 6m	0.1
	0	0
Total, Máximo	3	



De la sobreposición de cada una de las variables descritas anteriormente, con énfasis en la geología y el mapa de susceptibilidad por subsidencia, se consideraron 5 clases para determinar la intensidad de la Susceptibilidad del Hundimiento en el municipio. De la que predomina en la zona centro oeste una intensidad alta, debido a que en esta zona se alojan una gran cantidad de depósitos lacustres.

Tabla 58. Rangos e Intensidad de la Susceptibilidad del Hundimiento en el Municipio de Atenco, Estado de México

Rango	Intensidad
< 1.3	Muy Bajo
1.3001-1.4	Bajo
1.4001-1.7	Medio
1.7001-1.9	Alto
1.9001-2.3	Muy Alto

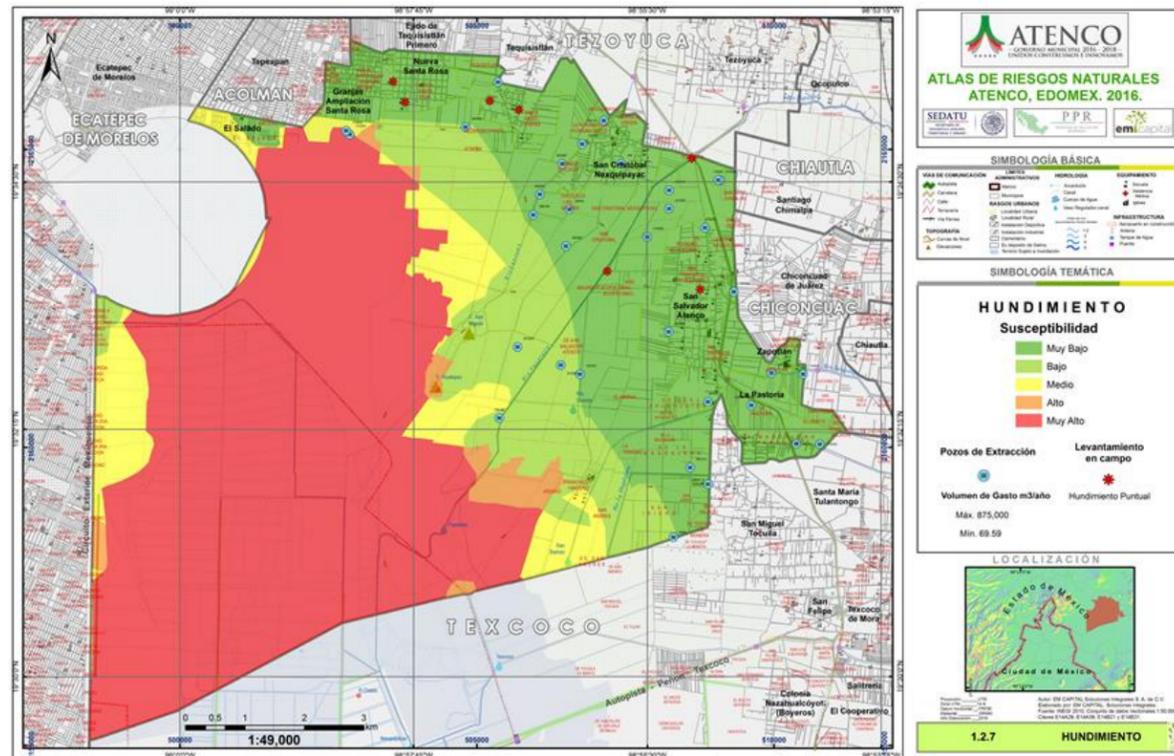


Figura 75. Susceptibilidad Por Hundimiento en el Municipio de Atenco, Estado De México

Es importante mencionar que los trabajos en campo realizados en diversos recorridos, se observó que, en la zona urbana del municipio, se registran evidencias puntuales de afectaciones por este fenómeno. Por lo que se caracterizó la vulnerabilidad de inmuebles con evidencia de afectaciones por este fenómeno, identificados por las autoridades Municipales y denuncias ciudadanas, mediante el llenado de formatos de campo, en los que se observa el tipo constructivo del inmueble y el grado de afectación que presenta (Anexo en Reporte de Campo).

En el siguiente mapa, se observa el levantamiento en campo realizado en inmuebles con afectaciones estructurales (Centros educativos) e inmuebles antiguos con afectaciones severas en traveses y columnas (Centros Religiosos), en las localidades de Ixtapa, Santa Rosa y Nexquipayac.

Así también es importante mencionar que, dentro de estas visitas, se observó que vialidades principales como la Carretera Texcoco- Lechería, presentan desniveles en continuas secciones de la vialidad.

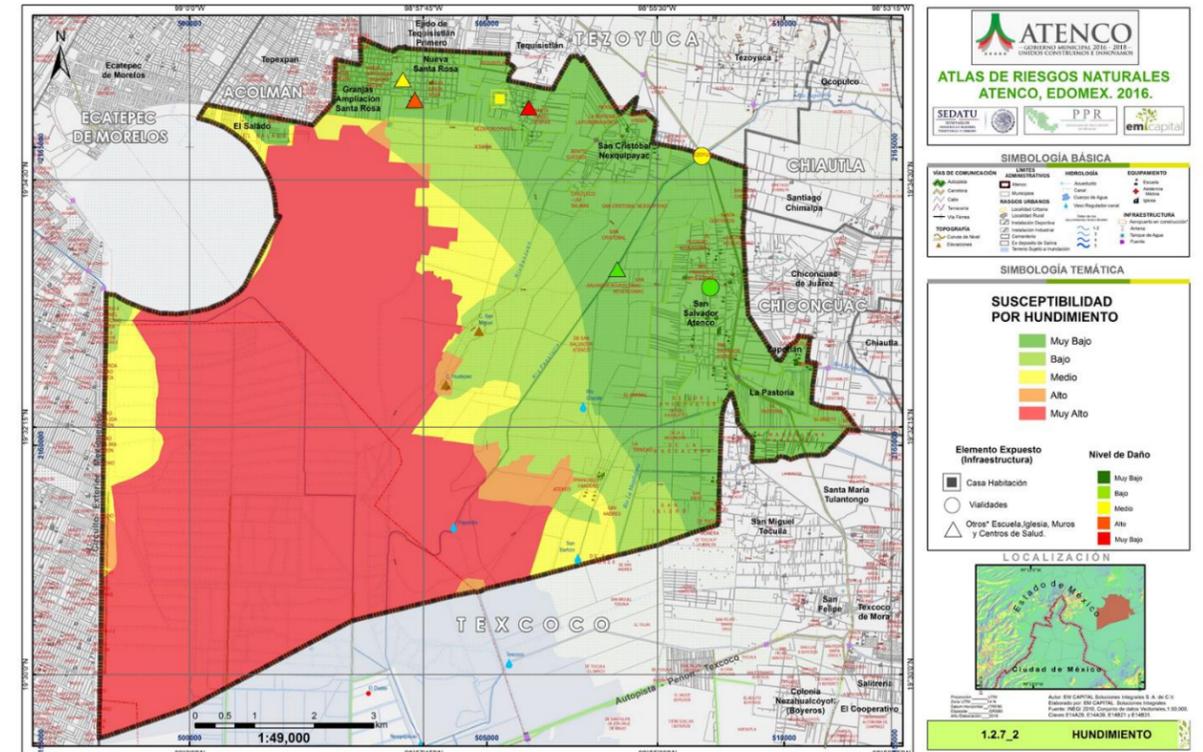


Figura 76. Caracterización del nivel de daño por hundimiento en viviendas e infraestructura

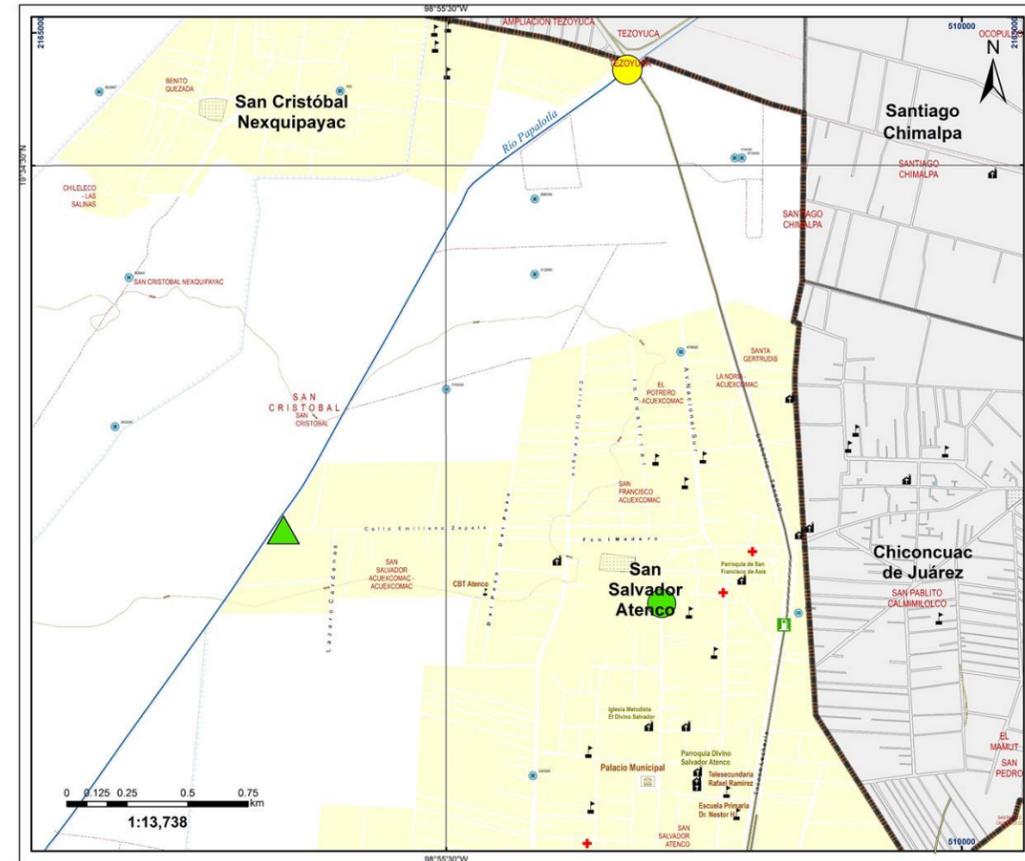
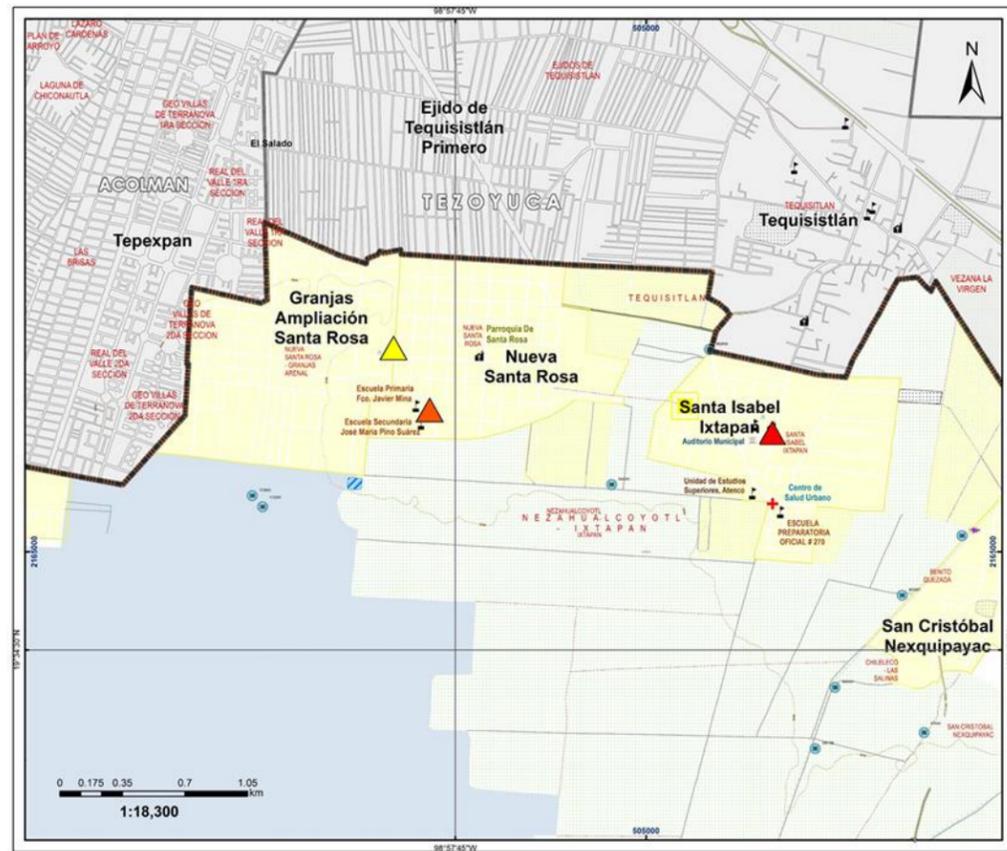


Figura 77. Zoom hundimiento urbano Nueva Santa Roza y Santa Isabel Ixtapa (Nivel de daños)

Figura 78. Zoom hundimiento urbano San Salvador Atenco (Nivel de daños)

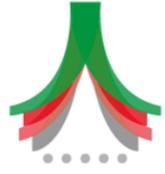


Figura 79. Afectaciones sobre vivienda particular por hundimiento diferencial.

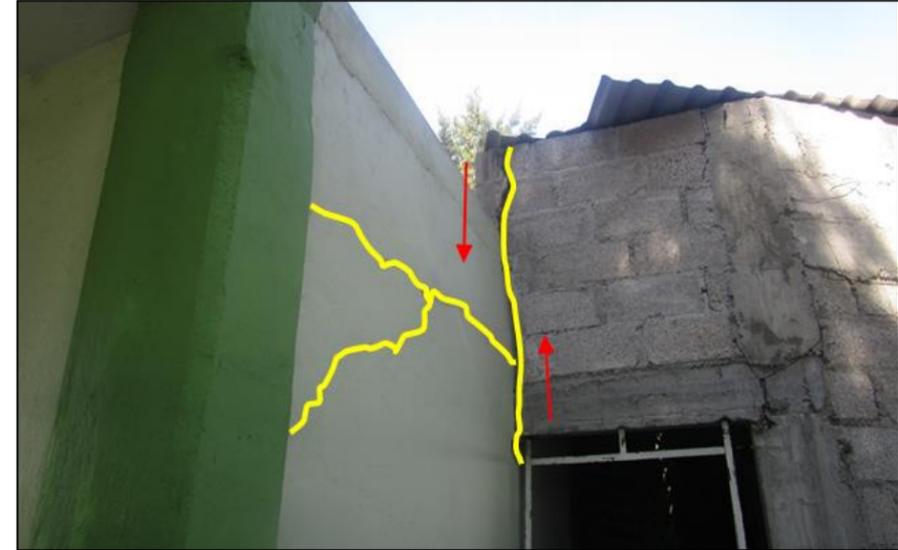


Figura 81. Apertura entre viviendas particulares por asentamientos diferenciales



Figura 80. Afectaciones en barda perimetral de vivienda particular por efecto de los esfuerzos de tensión que se generan por el hundimiento diferencial.



Figura 82. Escuela secundaria técnica con serias afectaciones en infraestructura por hundimiento diferencial



5.1.8. Subsistencia.

La subsidencia, es un proceso paulatino que genera descensos en la superficie del terreno, influenciados por factores:

Consolidación de arcillas: se refiere al reacomodo que sufren las partículas del suelo ante la expulsión de fluidos presentes en los poros, por sobrecargas en el estrato superior, produciendo movimientos verticales de reajuste.

Descenso de nivel freático: la extracción continua de agua del acuífero tiene como consecuencia un reacomodo de las partículas de suelo, generando una reducción del volumen total de los materiales y un ajuste del nivel freático.

Extracción o expulsión de fluidos, gas o petróleo: la descompensación de materia en el subsuelo al realizar una extracción de fluidos, provoca que el terreno superficial se deforme en proporción con el volumen del fluido extraído. Este factor es importante cuando la extracción tiene lugar a una gran profundidad, ya que la compresibilidad que las rocas presentan es baja.

Proceso de disolución o lavado de materiales: fenómeno que se presenta por la acción del agua que disuelve los materiales, afectando principalmente a materiales con contenido carbonatado o rocas kársticas, formando zonas de debilidad o descompensación para el terreno superficial.

Por tanto y por lo anterior, estos movimientos negativos, así como verticales entre dos o más cuerpos de materiales o bloques de la corteza pueden ser de dos tipos, los repentinos o bien lentos.

El término genérico de subsidencia hace referencia al hundimiento paulatino de la corteza terrestre, continental o submarina. La subsidencia terrestre, en la cual se centra el presente trabajo, es un fenómeno que implica el asentamiento de la superficie terrestre en un área extensa debido a varios factores, que pueden ser naturales o causados por el impacto de una gran variedad de actividades humanas (Corapcioglu, 1984).

La subsidencia del terreno es únicamente la manifestación en superficie de una serie de mecanismos de deformación sufridos debido a las etapas tectónicas que ha sufrido la cuenca de México. Hay dos tipos de subsidencia: endógena y exógena, la primera hace referencia a aquellos movimientos de la superficie terrestre asociados a procesos geológicos internos, tales como pliegues, fallas, vulcanismo, etc. La segunda se refiere a los procesos de deformación superficial relacionados con la compactación natural o antrópica de los suelos. (Prokopovich, 1979).

La subsidencia es un fenómeno geológico que no suele ocasionar víctimas mortales, aunque los daños materiales que causa pueden llegar a ser cuantiosos. Es de gran importancia en zonas urbanas, donde los perjuicios ocasionados pueden llegar a ser ilimitados, suponiendo un riesgo importante para edificaciones,

canales, conducciones, vías de comunicación, así como todo tipo de construcciones asentadas sobre el terreno que se deforma.

Estudios realizados (Lessr y Asociados, S.A. de C.V. 2005). Sobre la evolución piezométrica del acuífero de la ciudad de México indican que la profundidad del nivel estático para 1985 cerca del Aeropuerto Internacional se encontraba a 20 metros y en el 2003 a 40 metros; en los alrededores del Cerro de la Estrella en 1985 se ubicaba a 40 metros y en el 2003 a 70 metros y para la parte del área de estudio se encontraba en los 20m en 1985 y para el año 2003 se encuentra entre los 60m y 100m.

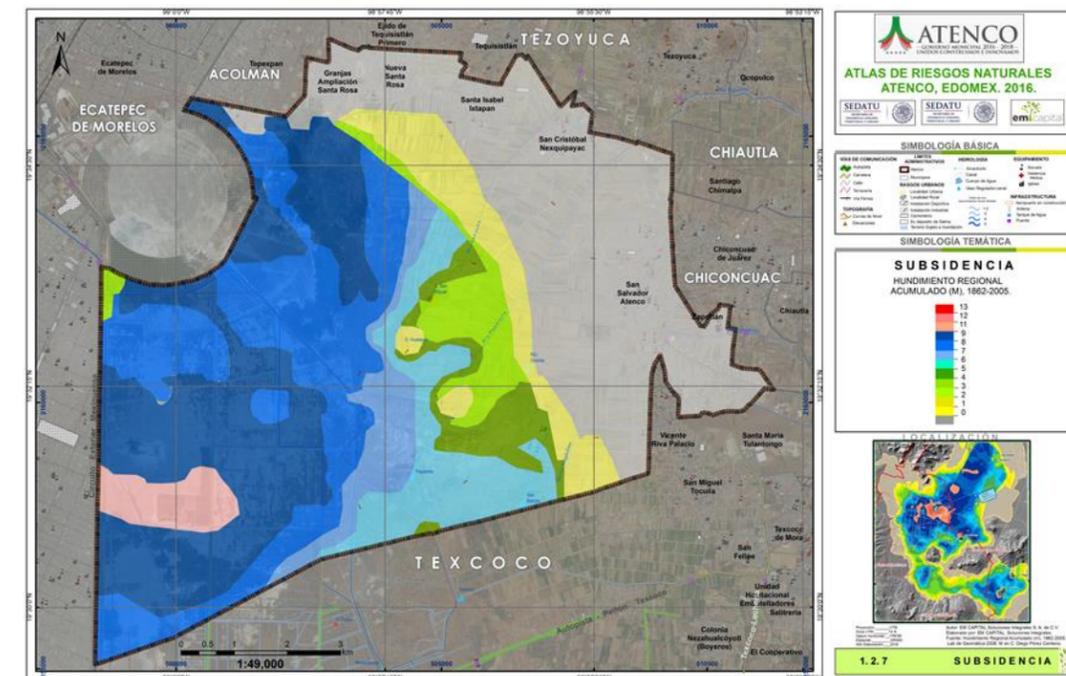


Figura 83. Subsistencia acumulada del Valle de México, en el periodo comprendido entre (1862-2005).

El suelo del municipio de Atenco, se caracteriza por ser cohesivo saturado, donde generalmente se presenta esfuerzos de expansión y dilatación o alteración hidrodinámico por el descenso del nivel freático de los mantos y bombeo de agua subterránea, identificando posibles hundimientos locales, definiendo el suelo como un cambio de volumen transitorias o permanentes, ocasionando la deformación del suelo, provocando asentamientos en viviendas, estructuras e infraestructura.



Debido a la desecación del Lago de Texcoco, se asocia hundimientos locales debido a la erosión, transporte y disolución de materiales, delimitándose zonas de relleno de escombros, donde debido a las mismas compactaciones locales.

5.1.9. Agrietamientos.

La ciudad de México experimenta una problemática como las ciudades de Aguascalientes, Celaya Querétaro Toluca y la ciudad de Murcia España, y en algunas partes de la zona oriente de la Ciudad de México. El problema influye directamente en la estabilidad de las construcciones y pone en peligro la integridad de sus ocupantes y sus bienes.

Algunos autores asocian la formación y apertura de grietas después de una severa tormenta (Leonard, 1929; Heindl y Fetch, 1955; Pashely, 1961; Robinson y Peterson, 1962; Winikka, 1964; Holtzer, 1976). Pero Carpenter en 1999 presentó una explicación a que los agrietamientos se generan casi de forma instantánea después de una lluvia torrencial. Considera que los agrietamientos generan una zona de debilidad en la superficie y que cuando se presenta una fuerte lluvia, el agua se infiltra a través de la zona de grietas, erosionándola y haciendo que su tamaño aumente en cuestión de minutos.

Lee, Keneth y Strauss en 1969, encontraron que la remoción de materiales del subsuelo, pudiendo ser éstos agua, petróleo, gas o sólidos, ocasiona el hundimiento de la superficie. Posteriormente, Melgoza (1978) atribuye en sus estudios que los agrietamientos son generados por la presencia de rellenos artificiales en proceso de compactación, existiendo una diferencia de compresibilidad entre el suelo y el relleno. Kreitler (1976) describe los hundimientos y grietas en Texas y la forma en que un sistema preexistente de fallas puede controlar la aparición de las grietas, por reactivación o por extrapolación de las antiguas. También describe la forma en que las fallas pueden actuar como barrera al flujo subterráneo, induciendo la formación de escalones, debido ha varias hipótesis de la generación de grietas se han clasificado en:

La generación de grietas de origen geológico está asociada con:

- Cambios laterales y verticales en la sedimentología y estratigrafía de la secuencia sedimentaria (Zeevaert, 1953; Marsal y Mazari, 1959; Larson, 1984); o por interdigitación de flujos de lava del cuaternario y piroclastos con los sedimentos lacustres (Ortega et. al., 1993; Zawadzki, 1996).
- Control estructural: por la topografía del basamento (Auvinet y Arias, 1991; Larson, 1984) o la morfología de la capa dura.
- Tectónica, donde fallas geológicas preexistentes pueden ser reactivadas (Klreiter, 1976; Melgoza, 1978; Garduño et. al., 1997).

La generación de grietas asociadas al flujo de agua es:

- Desecación por evaporación (Juárez-Badillo, 1962; Holzer, y Davis, 1976, Alberro y Hernández, 1990).
- Fuerzas de filtración (Lofgren, 1972; Juárez-Badillo y Figueroa, 1984; Alberro, 1990).
- Fracturamiento hidráulico (Alberro, 1990).
- Abatimientos diferenciales en el acuífero (Holzer y Davis, 1976; Holzer, 1984; Figueroa, 1989).
- Interacción acuífero-acuitardo (Carrillo, 1947; Marsal y Mazari, 1959; Lee y Shen, 1969).

En el municipio se observaron agrietamientos de tipo geológico de Cambios laterales y verticales en la sedimentología y estratigrafía de la secuencia sedimentaria o por interdigitación de flujos de lava del cuaternario y piroclastos con los sedimentos lacustres. (Figura xx). Y asociadas a flujos de agua de tipo desecación por evaporación y Abatimientos diferenciales en el acuífero.

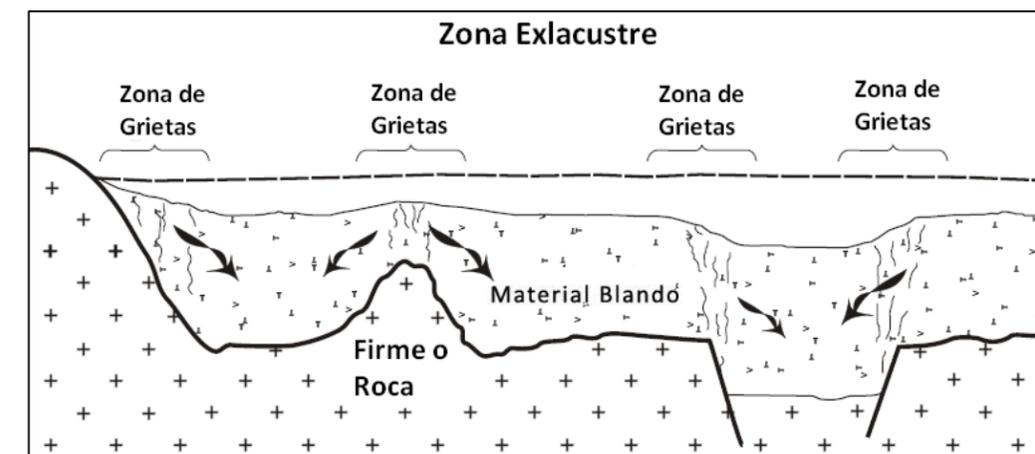


Figura 84. Modelo de generación de grietas por presencia de estructuras sepultadas. (Auvinet, 1991).

Los factores que interviene para el desarrollo de los agrietamientos son principalmente la presencia de materiales arcillosos, tal es el ejemplo de depósitos lacustres en zonas de depósito, la presencia de esfuerzos generados por actividad natural, sismos, movimientos tectónicos, hundimientos, inestabilidad de laderas, etc., o antropogénica, explotación de acuíferos, actividad minera subterránea, sobrecarga en la superficie del terreno por construcción de infraestructura, etc.

El agrietamiento es el resultado de esfuerzos generados por procesos como hundimientos, deslizamientos de laderas, sismos, fallas, movimientos tectónicos, etc. en el subsuelo o la superficie del terreno, presentando mayor influencia en materiales arcillosos debido a su baja resistencia a los esfuerzos tensionales y compresivos.



El fenómeno de agrietamiento, se considera como aquella manifestación superficial o profunda, generada a partir de una serie de esfuerzos de tensión o distorsiones, sin que se presenten movimientos verticales u horizontales, que se crean en el subsuelo debido a las fuerzas y deformaciones inducidas por diversos factores ya sea naturales, físicos y biológicos o antrópicos que actúen en este.

Las grietas son difíciles de predecir, debido a que su identificación requiere del conocimiento preciso de las propiedades mecánicas de resistencia y deformación del subsuelo, de su distribución estratigráfica, del conocimiento de las variaciones o anomalías subterráneas, de la determinación de la forma y distribución del basamento.

Un agrietamiento se genera a partir de las condiciones en las que se encuentra el subsuelo y los fenómenos que se presenten en la zona de estudio, ya que este es un resultado de cada proceso o fenómeno.

Los principales fenómenos o procesos que se asocian al agrietamiento del subsuelo, son cambios laterales y verticales en la sedimentología y estratigrafía de la secuencia sedimentaria, Control estructural: por la topografía del basamento, Interacción de estructuras geohidrológicas (acuífero-acuitardo), actividad sísmica, procesos de subsidencia y hundimiento, movimientos asociados a procesos de remoción de masas, acción de desecación del terreno, actividad orgánica o acción antrópica como, afectaciones en infraestructura subterránea, asentamiento de edificaciones, vibraciones de vehículos de carga pesada, deterioro en materiales de construcción, entre otros.

Derivado de la ocurrencia de cada fenómeno o proceso, las grietas se clasifican principalmente en:

- Grietas de contracción
- Grietas de Cuña

Las Grietas de Contracción, relativamente anchas respecto a su longitud, que se abren al contraerse el suelo. Su formación constituyen un fenómeno característico de los suelos arcillosos que, al desecarse, forman una red poligonal de esas grietas de retracción. Ciertas capas del subsuelo conservan la huella de grietas que una vez abiertas se llenaron de arena, lo cual impidió que la humedad ulterior volviera a obturarlas.

Las Grietas de Cuña, son verticales, producidas mayormente en las regiones frías del globo formadas tras la congelación rápida del suelo. Miden uno o varios decímetros de anchura (excepcionalmente metros), uno o varios metros de largo y hasta 10 m de profundidad. Estas cavidades acaban por rellenarse con los derrubios provocados por la acción del hielo y el deshielo.

En el municipio se observaron agrietamientos de tipo geológico de Cambios laterales y verticales en la sedimentología y estratigrafía de la secuencia sedimentaria o por interdigitación de flujos de lava del cuaternario y piroclastos con los sedimentos lacustres. Y asociadas a flujos de agua de tipo desecación por evaporación y Abatimientos diferenciales en el acuífero.

Por tanto, para el análisis de Susceptibilidad por Agrietamiento en el municipio de Atenco, se consideraron variables que bajo las características mecánicas del suelo, el tipo de litología presente y los fenómenos que propician que el suelo presente agrietamientos, como el hundimiento y movimientos por actividad sísmica, se aplicó un análisis de tipo multicriterio y sobreposición de capas con fin de cuantificar y obtener la intensidad de la susceptibilidad de agrietamiento en el municipio.

En apartados anteriores, se ha mencionado que la composición edafológica y características mecánicas que el municipio presenta son de importancia para el análisis de esta afectación, ya que el tipo de depósitos en el municipio, son altamente cohesivos y deformables.

En de importancia mencionar que el agrietamiento presente en el municipio se presenta principalmente por el efecto de subsidencia en la cuenca del Valle de México, sin embargo, derivado de recorridos en campo, se observó que existen afectaciones puntuales que se evidencian con agrietas en los campos de agricultura y en vialidades por efecto antrópico.

Para ello, a cada variable (Cuadro XX) se les asigno un peso, que sumen cada una unidad, ya que de acuerdo al impacto o afectación en el territorio municipal se considera la intensidad del fenómeno.

Tabla 59. Peso de las Variables consideradas para el análisis multicriterio de la Intensidad de la susceptibilidad por Agrietamiento en el Municipio de Atenco, Edo. Méx.

Variable		Peso	Peso de la variable
Intensidad de Susceptibilidad del Hundimiento	Muy Alto	0.5	1
	Alto	0.3	
	Medio	0.2	
	Bajo	0.06	
	Muy Bajo	0.04	
Edafología	Solonchak	0.6	1
	Vertisol	0.4	
Peligro Sísmico	Medio Alto	1	1
Mapa de Intensidad de Lluvias (m3/año)	Isoyeta (500 -600 mm)	0.6	1

Una vez sobre puestas cada una de las capas, estas al ser reclasificadas en cinco categorías, de acuerdo a los lineamientos del Análisis de Peligrosidad para un atlas de Riesgos, se consideran los siguientes valores por categoría.

Tabla 60. Valores de las categorías asignadas para la Intensidad de la susceptibilidad por Agrietamiento en el Municipio de Atenco, Edo. Méx.

Rango de Intensidad	Intensidad de la susceptibilidad
1.8 – 1.86	Muy Alto
1.86001 – 2.06	Alto



2.06001 -2.2	Medio
2.2001 -2.4	Bajo
2.4001 -2.7	Muy Bajo

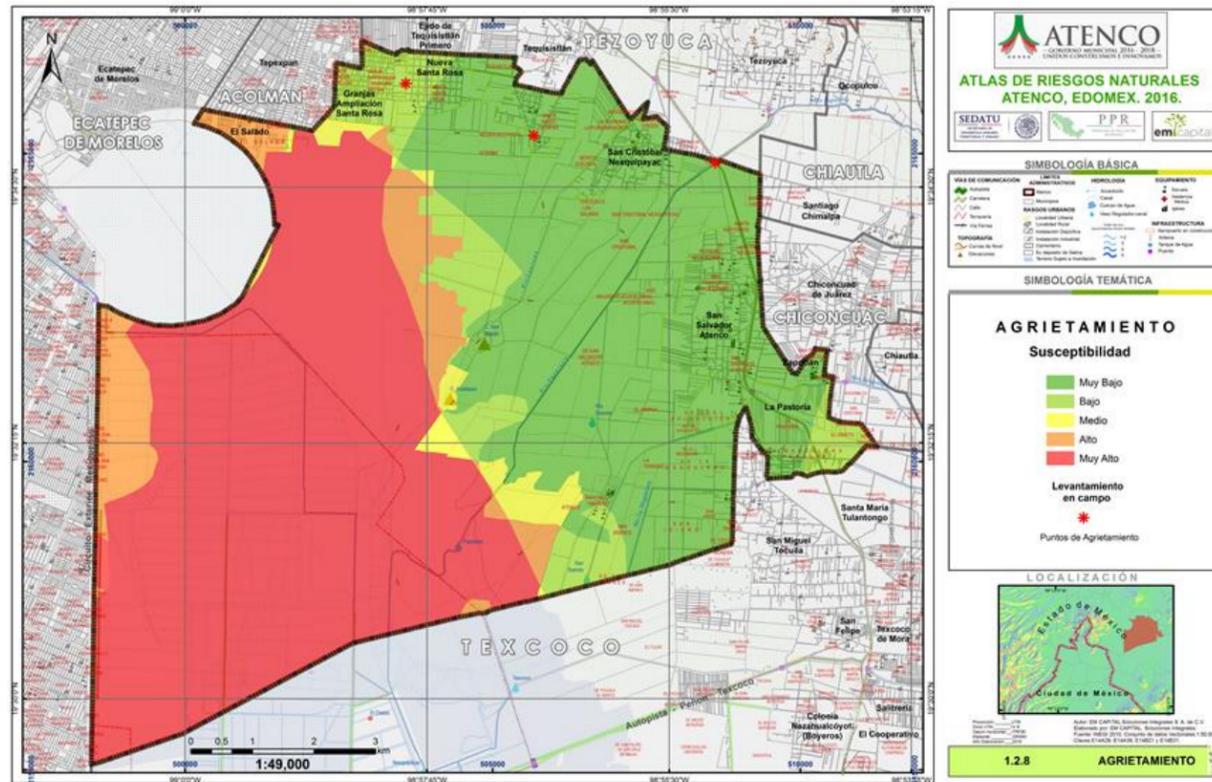


Figura 85. Susceptibilidad al fenómeno de agrietamiento



Figura 86. Agrietamiento del terreno en calles del municipio de Atenco

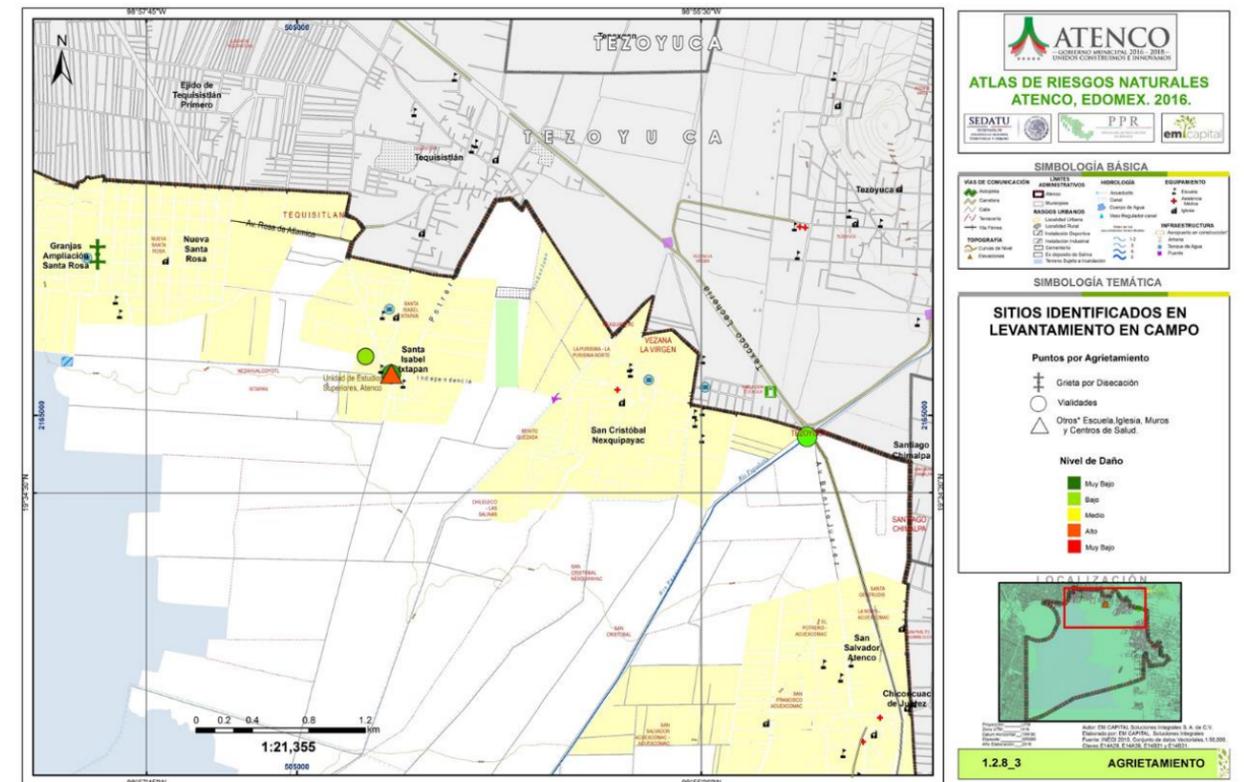


Figura 87. Caracterización del nivel de daño por agrietamiento en viviendas e infraestructura



Los trabajos en campo realizados en recorridos, se observó que, en la zona urbana del municipio, se registran evidencias puntuales de afectaciones por este fenómeno, así también en zonas agrícolas. Por lo que se caracterizó la vulnerabilidad de inmuebles con evidencia de afectaciones por este fenómeno, identificados por las autoridades de protección Civil y Reportes ciudadanos, mediante el llenado de Fichas de campo, en los que se observa el tipo constructivo del inmueble y el grado de afectación que presenta (Anexo en Reporte de Campo).



Figura 88. Grieta por disecación del terreno dentro de instalaciones de escuela primaria

En la siguiente figura, se observa el levantamiento en campo realizado en inmuebles con afectaciones aunado por el proceso de Hundimiento en inmuebles antiguos, en las localidades de Santa Isabel Ixtapa y Nueva Santa Rosa. Así también es importante mencionar que, dentro de estas visitas, se observó que vialidades principales, como el paso vehicular en Av., Los Reyes – Lechería, presenta agrietamiento por asentamientos en los límites de las estructuras.



Figura 89. Grieta por disecación del terreno en la localidad de ampliación Santa Cecilia



Figura 90. Socavamientos temporales en la localidad de ampliación Santa Cecilia



5.2. Fenómenos Hidrometeorológicos.

México es afectado por varios tipos de fenómenos hidrometeorológicos que pueden provocar la pérdida de vidas humanas o daños materiales de importancia. Principalmente está expuesto a lluvias, granizadas, nevadas, heladas y sequías. Acontecimientos como el del huracán Pauline en Acapulco (1997), los derivados de las lluvias intensas en Tijuana (1993 y 1998), en Pijijiapan y Valdivia en Chiapas (1998) y en Topochico en Monterrey (1999), también las inundaciones y deslaves ocurridos en octubre de 1999 en Tabasco, Veracruz, Puebla e Hidalgo, constituyen los ejemplos más recientes que ponen de manifiesto la gravedad de las consecuencias de esta clase de fenómenos.

Las fuertes precipitaciones pluviales pueden generar intensas corrientes de agua en ríos, flujos con sedimentos en las laderas de las montañas, movimientos de masa que transportan lodo, rocas, arena, árboles, y otros objetos que pueden destruir casas, tirar puentes y romper tramos de carreteras.

Las granizadas producen afectaciones en las zonas de cultivo, obstrucciones del drenaje y daños a estructuras en las zonas urbanas. Las sequías provocan fuertes pérdidas económicas a la ganadería y la agricultura en periodos de meses o años. Pese a que no es grande la zona de México expuesta a nevadas, el frío es causa de muertes en los sectores de la población de bajos recursos económicos.

El conocimiento de los principales aspectos de los fenómenos hidrometeorológicos, la difusión de la cultura de Protección Civil en la población y la aplicación de las medidas de prevención de desastres pueden contribuir de manera importante en la reducción de los daños ante esta clase de fenómenos. A continuación, se describen sucintamente los principales fenómenos hidrometeorológicos que se presentan en el país, sus consecuencias y los riesgos que generan en distintas partes del territorio nacional.

Los fenómenos Hidrometeorológicos son causados por variaciones atmosféricas importantes, dando lugar a la ocurrencia de fenómenos intensos que con relativa frecuencia causan daños a la infraestructura de las ciudades y las personas. México por su parte, presenta una marcada heterogeneidad entre sus provincias, esto da a lugar a que en el país se presenten una gran variedad de fenómenos tipificados como Hidrometeorológicos, y aún más complejo, resulta el caso que, en un mismo lugar, se presenten los efectos de fenómenos que pudieran sonar contrarios, pero que dadas las condiciones estacionales, hacen mella en un mismo sitio.

Por ejemplo, como es el caso del municipio de Atenco, se pueden presentar grados de peligro considerables por los efectos de las bajas temperaturas, y a su vez, ser un sitio donde las olas de calor repercuten de manera negativa en la salud de las personas.

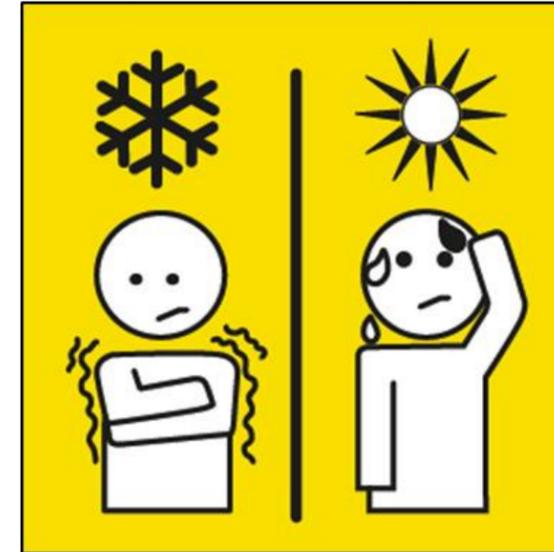


Figura 91. Ilustración de las altas y bajas temperaturas.

En el presente apartado, con fundamento metodológico en los Términos de referencia para elaboración de Atlas 2016, se modelan el peligro de los distintos fenómenos Hidrometeorológicos, se caracteriza la vulnerabilidad de los elementos expuestos y finalmente se representa el riesgo ante cada fenómeno específico.

- Información Climatológica Base

Como elemento base para el análisis de los fenómenos Hidrometeorológicos que componen el presente apartado, se hizo uso de los registros medidos en la red de estaciones climatológicas que administra el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), dicha red tiene una cobertura nacional y actualmente cuenta con 3329 (Normales Climatológicas-SMN) estaciones en operación, de un universo de 5187 estaciones que llevo a tener el sistema.

Si bien existen otras redes de medición, como las estaciones meteorológicas automáticas (ESIMES-EMAS) que administra el propio SMN, o la red de estaciones agroclimatológicas automáticas del instituto nacional de Investigaciones forestales, agropecuarias y pecuarias (INIFAP), estas no tienen una cobertura total y densa del territorio nacional, y más aún, un acervo de datos importante que pueda representar la ocurrencia de un fenómeno en un lapso de tiempo que se considere válido.



- **Estaciones Climatológicas Base**

Se localizaron un total de 5 estaciones en operación que inciden en el municipio o que se encuentran en las cercanías de los límites y que además cumplen con un buen acervo de datos homogéneo de 1963 a 2014. A continuación, se muestran las estaciones:



Figura 92. Estaciones Climatológicas Base

5.2.1. Ondas cálidas y gélidas.

Las temperaturas extremas, tanto altas como bajas, pueden causar daños a la salud de los seres humanos. Como ejemplo se puede citar la ola de calor que causó la muerte de más de 500 personas en julio de 1995 en la ciudad de Chicago, EE.UU. (WHO 2001). Las personas mayores y los niños, son particularmente vulnerables ante la ocurrencia de bajas o altas temperaturas.

Una de las consecuencias más seguras y directas del cambio climático es un aumento en la morbilidad y la mortalidad humanas en períodos de clima extremos como son las olas de calor, y los periodos de bajas temperaturas.

En el caso del calor, la letalidad de una ola de este tipo aumenta si ocurre al principio del verano (cuando la población todavía no ha podido aclimatarse al calor), si es de larga duración y si hay temperaturas nocturnas elevadas. En el caso de las bajas temperaturas, los efectos se dan principalmente en problemas respiratorios a la población.



Figura 93. Efecto de las Altas y bajas temperaturas.

En primera instancia pudiéramos pensar que la ocurrencia de eventos de temperaturas máximas extremas en el municipio es remota, sin embargo, es esta poca atención hacia este tipo de fenómenos la que pudiera aumentar la vulnerabilidad de la población ante este fenómeno perturbador.

- **Metodología**

Para Atenco, se emprendió un análisis basado en los registros históricos de temperatura máxima diaria y mínima diaria, que se recabaron de las estaciones climatológicas base.

A continuación, se describe la metodología empleada en cada peligro y se aclara que para el caso de las **Ondas Cálidas corresponde un nivel de análisis 2.y para Bajas Temperaturas (Ondas Gélidas) un nivel de análisis 1.**

a) **Temperaturas máximas, Altas temperaturas y/o frentes cálidos.**

Con base en los registros diarios de temperaturas máximas en cada estación climatológica, se siguieron los siguientes pasos:

- Se seleccionaron aquellos años con registros mayores al 80% del total de días del año, y así con esto establecer los valores máximos diarios anuales en el periodo 1963-2014.
- Se filtraron los valores máximos diarios anuales de cada estación base.
- Dados los valores máximos anuales, se calculó el valor medio histórico de la serie.
- Cada valor medio representativo de cada estación, se interpola en una malla ráster por medio del método IDW.(Distancia Inversa Ponderada)



- Dada la distribución de las temperaturas máximas, se tipifican grados de peligro con base en la siguiente propuesta de ponderación.

Tabla 61. Ponderación de Peligro por temperaturas máximas

Nivel de Peligro	Temp. Prom. Máx. hist. (°C)
Muy Alto	Mayores a 40
Alto	de 35 a 40
Medio	de 30 a 35
Bajo	de 28 a 30
Muy Bajo	Menores a 28

- Dada la ponderación de peligro se reclasifica la malla Ráster, y finalmente se clasifican las zonas de peligro.

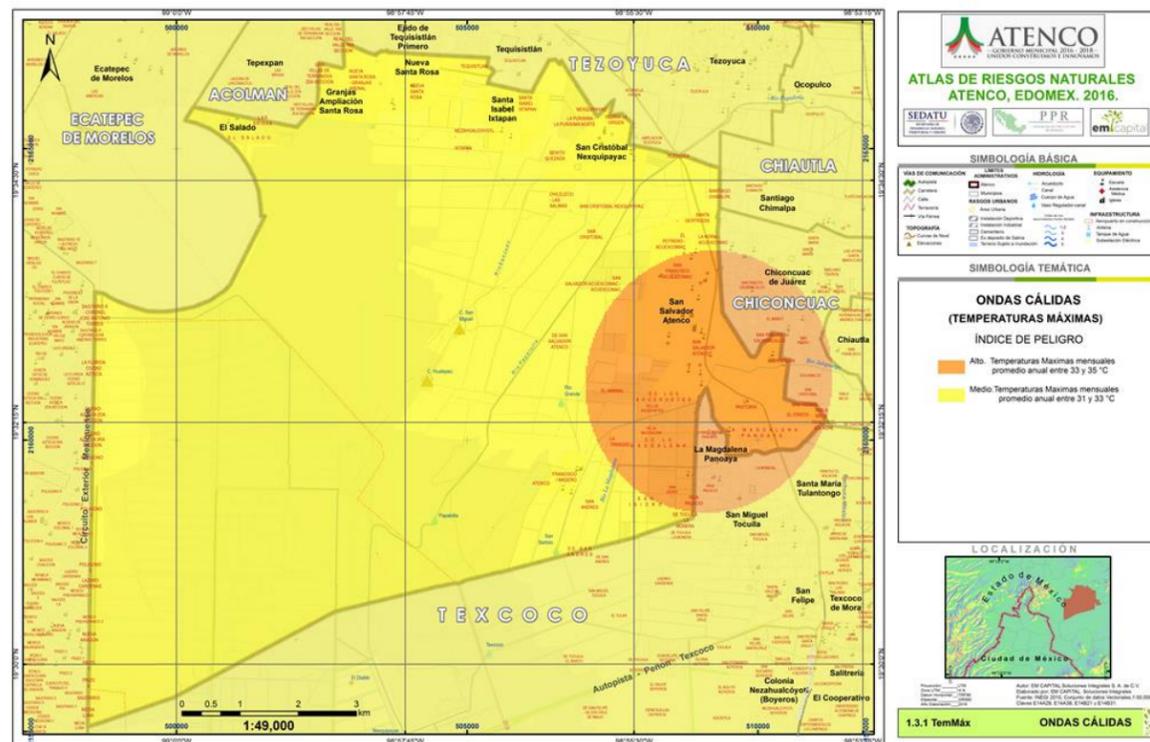


Figura 94. Estimación de Peligro por temperaturas máximas, altas temperaturas y/o frentes cálidos.

Obtenida la zonificación de peligro por temperaturas máximas, se generan los periodos de retorno a 5, 10, 25 y 50 años.

Los periodos se calculan con ayuda del programa RETORNO 2.0.

La mayoría el territorio municipal se encuentra tipificado como con grado de peligro medio. Solo una zona en el flanco derecho presenta un peligro alto.

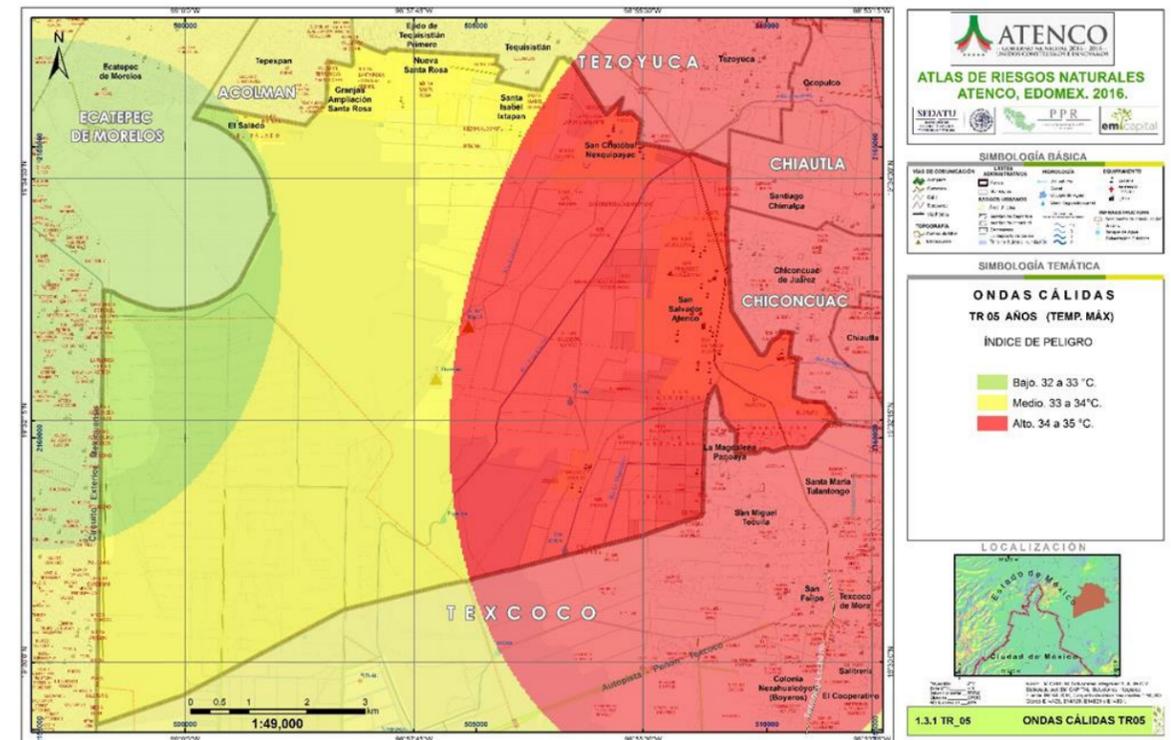


Figura 95. Estimación de Peligro por temperaturas máximas a periodos de retorno de 5 años.

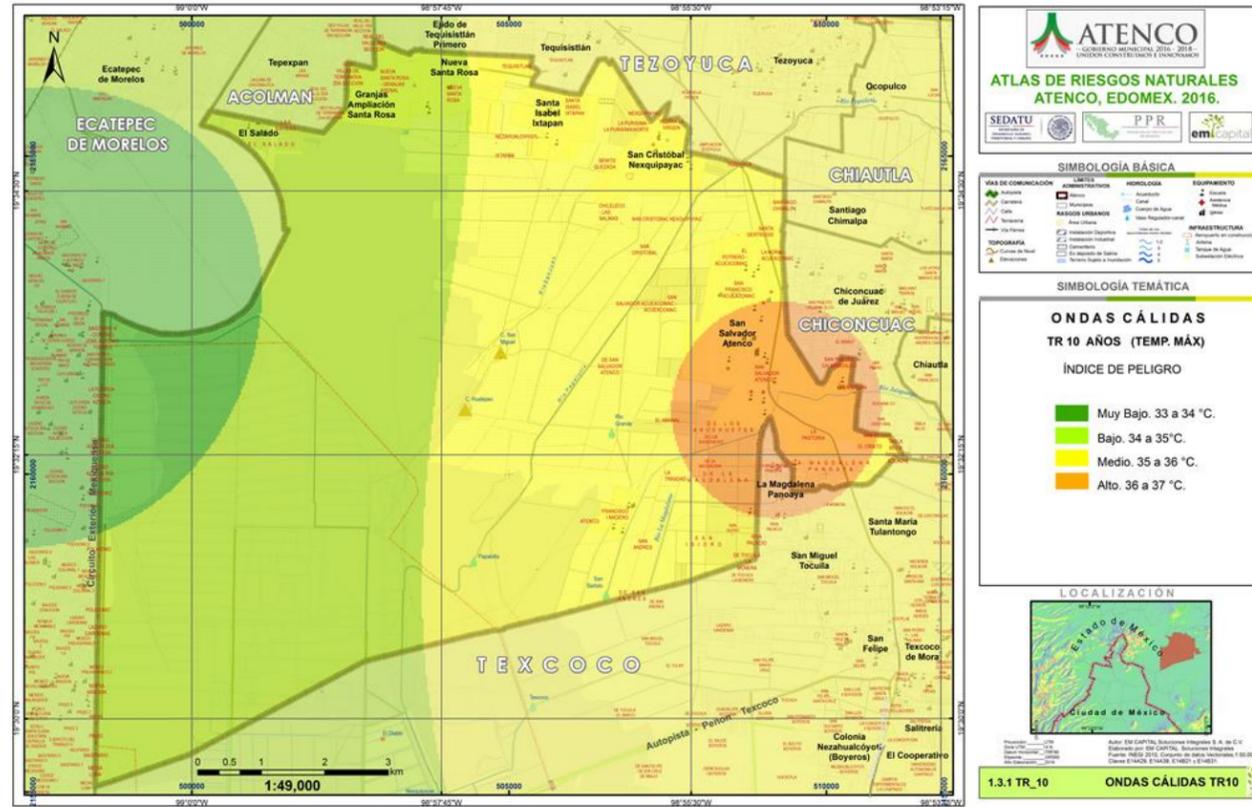


Figura 96. Estimación de Peligro por temperaturas máximas a periodos de retorno de 10 años.

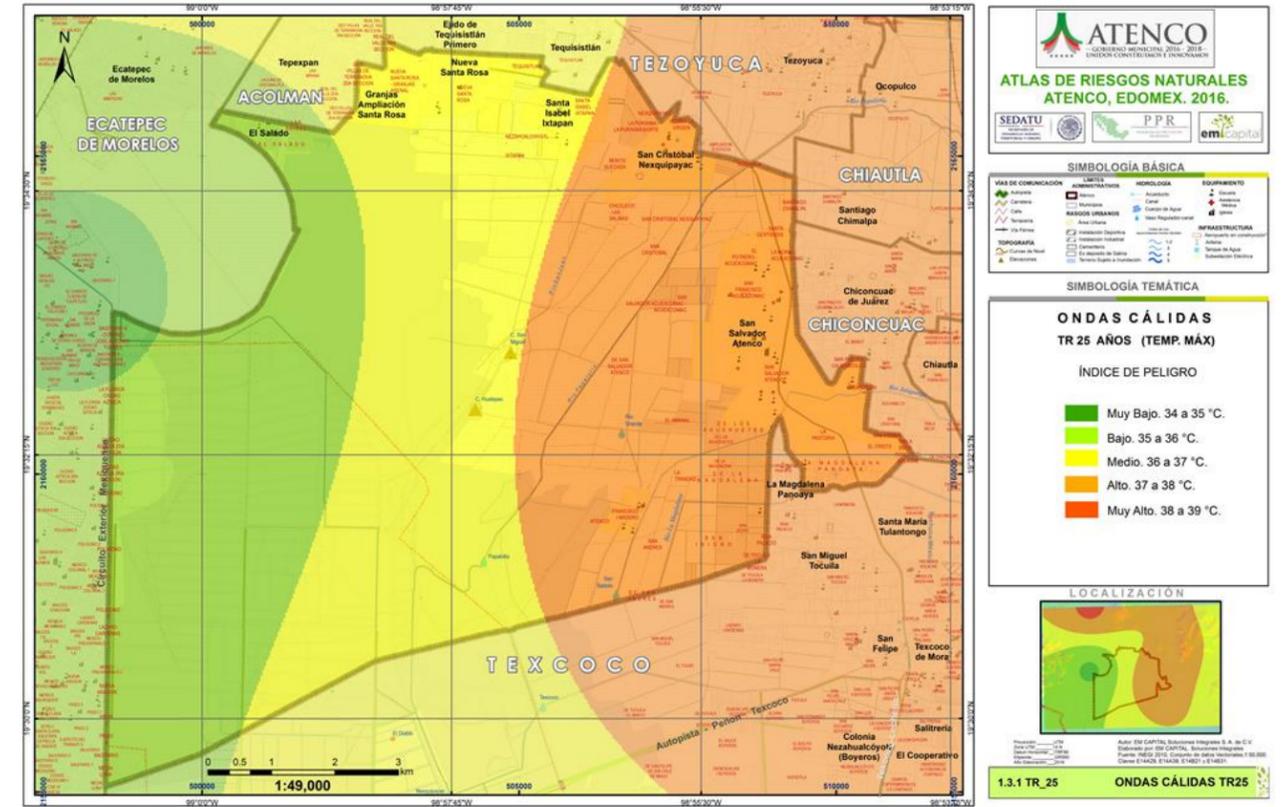


Figura 97. Estimación de Peligro por temperaturas máximas a periodos de retorno de 25 años

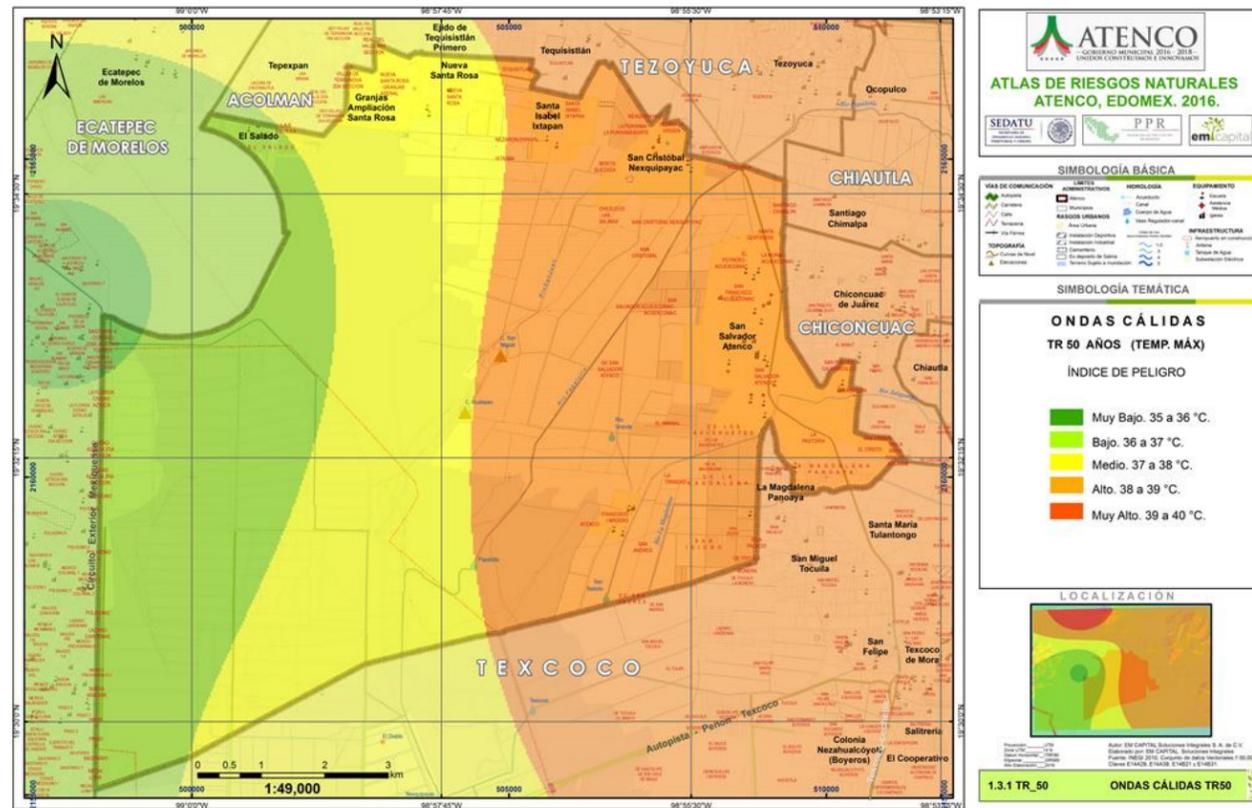


Figura 98. Estimación de Peligro por temperaturas máximas a periodos de retorno de 50 años.

b) Temperaturas mínimas, bajas temperaturas y/o frentes fríos.

Con base en los registros diarios de temperaturas mínimas en cada estación climatológica, se siguieron los siguientes pasos:

- Se seleccionaron aquellos años con registros mayores al 80% del total de días del año, y así con esto establecer los valores mínimos diarios anuales en el periodo 1963-2014 en las estaciones Base.
- Se filtraron los valores mínimos diarios anuales de cada estación base.
- Dados los valores mínimos anuales, se calculó el valor medio histórico de la serie en él periodo.
- Cada valor medio representativo de cada estación, se interpola en una malla ráster por medio del método IDW.(Distancia Inversa Ponderada)

- Dada la distribución de las temperaturas mínimas, se tipifican grados de peligro con base en la siguiente propuesta de ponderación.

Tabla 62. Ponderación de Peligro por temperaturas mínimas

Nivel de Peligro	Temp. Prom. Mín. hist. (°C)
Muy Alto	menores -3.5
Alto	de 0 a -3.5
Medio	de 0 a 5
Bajo	de 5 a 10
Muy Bajo	Mayores a 10

Dada la ponderación de peligro se reclasifica la malla Ráster, y finalmente se clasifican las zonas de peligro.

El municipio en su gran mayoría está tipificado como con un muy alto peligro por bajas temperaturas.

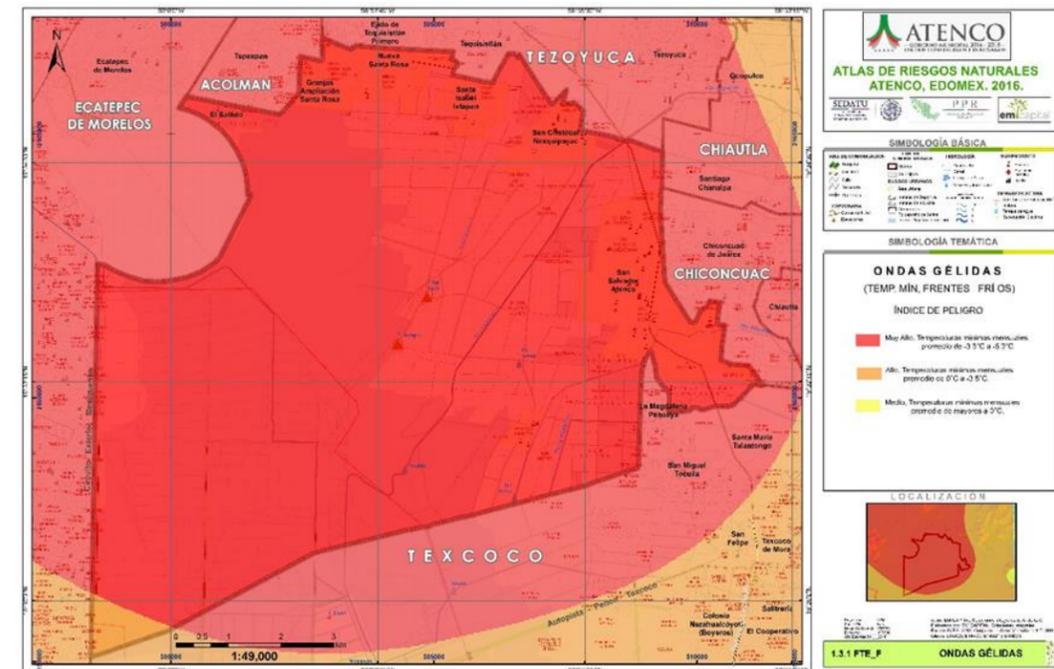


Figura 99. Estimación de Peligro por temperaturas mínimas, bajas temperaturas y/o frentes fríos.



5.2.2. Sequías.

México es un país muy particular, ya que, si bien en ciertas regiones se pueden registrar altos índices de peligro por inundaciones, en esos mismos espacios geográficos al siguiente año se registran sequías importantes.

A modo de corolario también es importante mencionar que en general podemos encontrar tres tipos de sequía, la meteorológica que es causada en el corto plazo por la ocurrencia de anomalías negativas de precipitación respecto al promedio, la sequía hidrológica que es consecuente con la meteorológica y que en términos generales es la escasez de agua desde las fuentes de consumo, finalmente la sequía económica que pudiera considerarse secuencial respecto a la hidrológica, y que de manera sintética se describe como las pérdidas económicas derivadas de la falta de agua en sistemas productivos.

El Índice Estandarizado de Precipitación (SPI, por sus siglas en inglés) es un índice de normalización de la precipitación histórica que permite identificar condiciones de déficit y exceso de precipitación a corto y largo plazo.

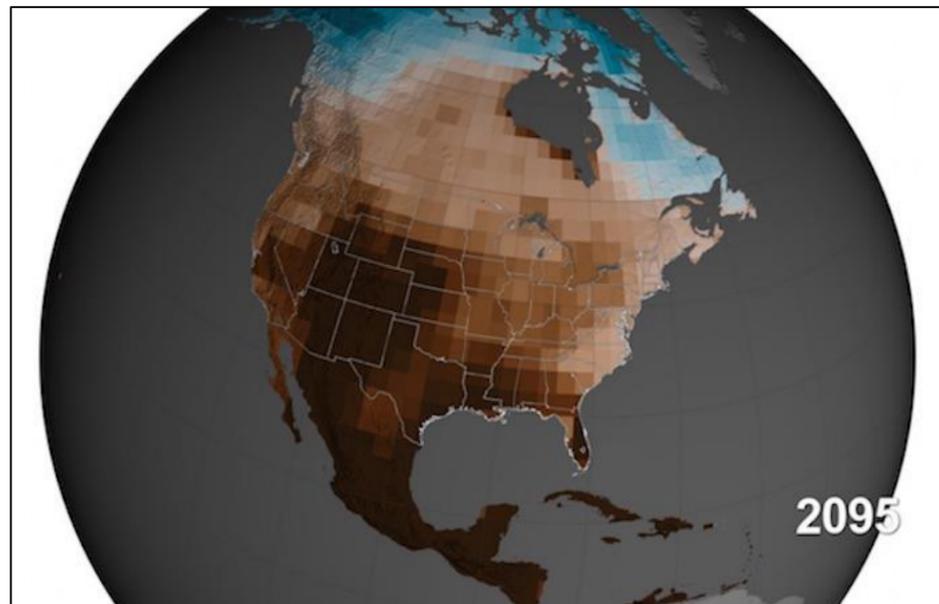


Figura 100. Proyección de la gran sequía para el 2095. Las áreas más oscuras en el mapa son las de menor humedad. Foto: NASA

El índice es calculado en base a la suposición de que la distribución probabilística de la precipitación es Gamma, por lo que al utilizar estos índices para ajustarlos a una distribución de probabilidad normal se le

nombró como estandarización o normalización de la precipitación. Los valores son representativos de la variabilidad de la precipitación con respecto a su historial, en donde los valores negativos indican déficit y los positivos superávits (McKee et. al., 1993). Establecida la escala de valores SPI, se realizó un análisis de frecuencia de valores, teniendo como objetivo el % de datos de una serie que tienen valores menores a -1.3 de SPI.

Conociendo la frecuencia de valores de SPI que presentan condiciones de **Muy seco a excepcionalmente seco** se tipificó a la zona como de peligro medio, ya que presenta probabilidades de ocurrencia de SPI menores -1.3 que oscilan entre 6 y 11%.

A nivel nacional el Índice Estandarizado de Precipitación elaborado por CONAGUA muestra que para el periodo de junio de 2013 a mayo de 2015 se han presentado valores de ligeramente y moderadamente húmedo para gran parte del Estado de México, sin embargo, para el municipio se alcanzan valores de muy húmedo a extremadamente húmedo. Por ello, y a pesar de que en el estado se han presentado a lo largo de la historia eventos de sequía de consideraciones importantes, el índice de peligro resulta de MEDIO.

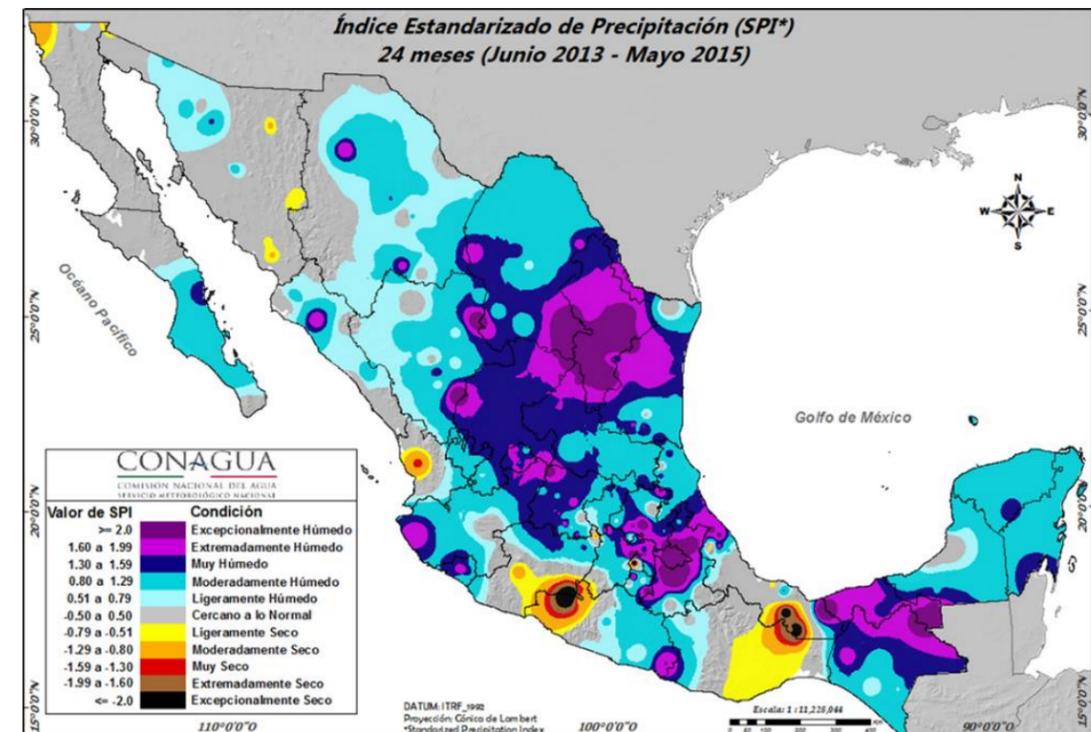


Figura 101. Índice Estandarizado de Precipitación. Fuente: CONAGUA.



• **Metodología**

El mapa de peligro por sequías para el municipio de Atenco, adoptó a la **metodología de nivel 1**. El desarrollo del análisis se muestra a continuación:

Para la consecución del análisis de sequía para el municipio se tomaron los valores del Índice estandarizado de precipitación (SPI) a 12 meses que genera el Servicio Meteorológico Nacional y se constituyó una base de datos de 1970 a 2015.

Dada la base de datos se constituyeron tendencias y medias móviles de las estaciones base.

Dada la base de datos se constituyeron tendencias y medias móviles de las estaciones base.

Establecida la escala de valores SPI, se realizó un análisis de frecuencia de valores, teniendo como objetivo el % de datos de una serie que tienen valores menores a -1.3 de SPI.

Valor de SPI	Condición
≥ 2.0	Excepcionalmente Húmedo
1.60 a 1.99	Extremadamente Húmedo
1.30 a 1.59	Muy Húmedo
0.80 a 1.29	Moderadamente Húmedo
0.51 a 0.79	Ligeramente Húmedo
-0.50 a 0.50	Cercano a lo Normal
-0.79 a -0.51	Ligeramente Seco
-1.29 a -0.80	Moderadamente Seco
-1.59 a -1.30	Muy Seco
-1.99 a -1.60	Extremadamente Seco
≤ -2.0	Excepcionalmente Seco

Figura 102. Condición del terreno según SPI. Fuente: Índice Estandarizado de Precipitación. CONAGUA.

Conociendo la frecuencia de valores de SPI que presentan condiciones de Muy seco a excepcionalmente seco se tipificó a la zona como de peligro bajo, ya que presenta probabilidades de ocurrencia de SPI menores -1.3 que oscilan entre 9 y 13%.

La totalidad del municipio se encuentra clasificada como con un peligro medio de ocurrencia de sequías.

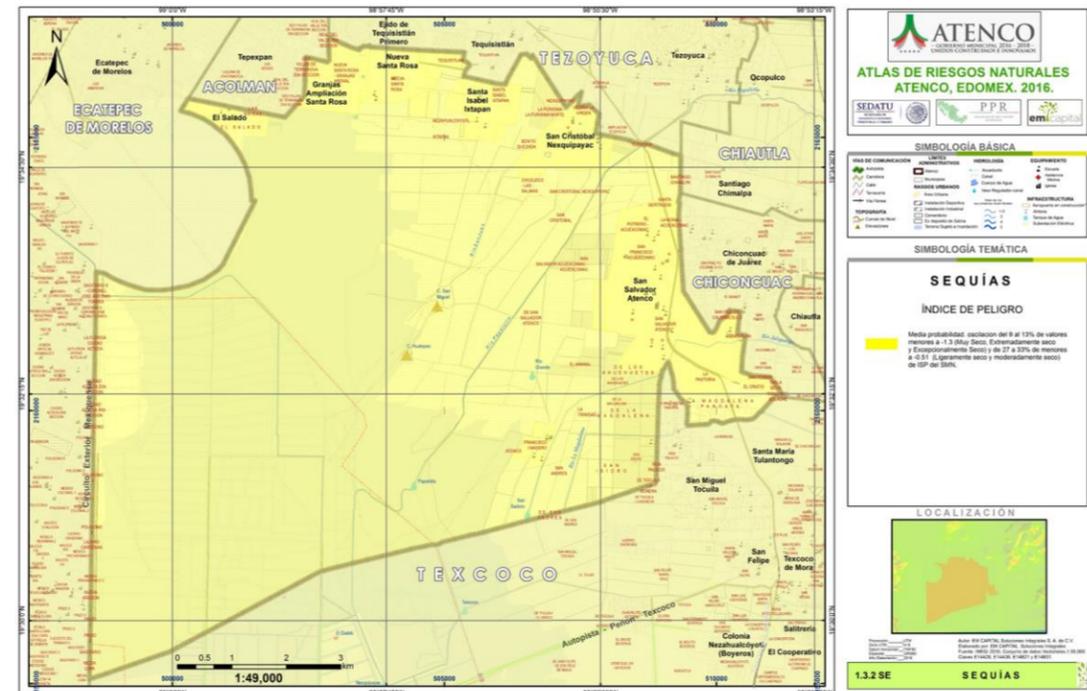


Figura 103. Mapa de Índice de peligro por Sequia

5.2.3. Heladas.

Las heladas son un fenómeno climatológico que consiste en el descenso de temperatura ambiente a niveles inferiores del punto de congelación del agua, ocasionando que el agua que se encuentra en el ambiente se deposite en las superficies en forma de hielo. Sus efectos se manifiestan en pérdidas de productividad laboral, siembras y plantaciones agrícolas, así como daños a la ganadería. Las heladas también causan daños y en ocasiones la muerte a personas de escasos recursos económicos; en las poblaciones urbanas es común que se presente la ruptura de tuberías de conducción de agua al congelarse.

Para que se inicie una helada se requiere de una invasión de aire frío polar, corrientes de chorro y/o frentes fríos, acompañados de condiciones despejadas sin viento, durante las cuales la tierra y el aire en contacto con ellos descienden su temperatura por irradiación; la acumulación de hielo en las plantas durante una helada es consecuencia de la congelación del vapor de agua que se condensa en el follaje. Durante una helada debido a la falta de humedad, no llegan a producirse precipitaciones de cristales de hielo.

De acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional, las heladas son un fenómeno que se presenta cuando la temperatura desciende por debajo de los 0°C (medida a una altura de 1.50 metros) durante un intervalo



de tiempo mayor a cuatro horas. Una condición observada, consiste en que si a las 18:00 horas se tienen condiciones de cielo despejado y una temperatura ambiente igual o menor a 3°C, existe una alta probabilidad de que se presente una helada.

Las heladas en México son un fenómeno muy frecuente, y se evidencia más en aquellos estados y/o municipios en donde la actividad económica depende de la agricultura, por ello se vuelve fundamental conceptualizar la ocurrencia del evento destructivo.

Las heladas en México son un fenómeno muy frecuente. Se adoptó a la **metodología de nivel 1**.

- **Metodología**

Se constituyó una base de datos de temperaturas mínimas.

Se cuantificaron el número de datos anuales en los que la temperatura fue igual o menor a 0° centígrados.

Dada la serie de datos se establecieron los valores medios históricos por estación base.

Se interpolaron los valores de heladas anuales mediante la función IDW.

Se tipificaron los niveles de peligro según la ocurrencia de eventos de heladas.

Gran parte del territorio municipal se identifica como con un alto peligro por heladas. Un pequeño sector al oeste se tipifica con un muy alto peligro.

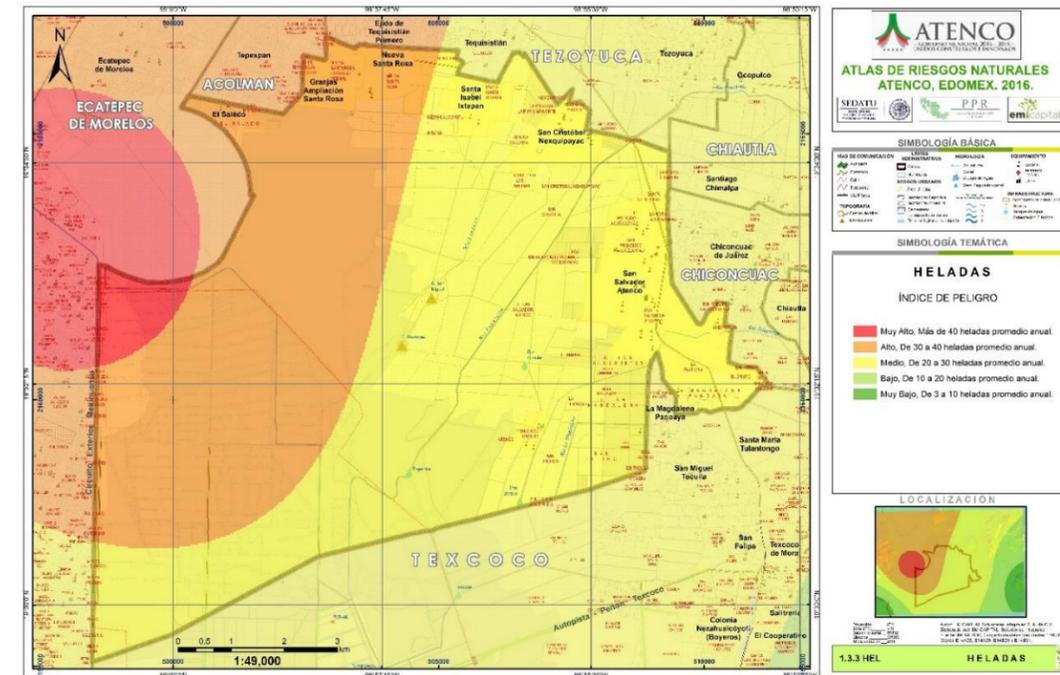


Figura 104. Estimación de Peligro por heladas.

5.2.4. Tormentas de granizo.

El granizo es un tipo de precipitación en forma de piedras de hielo y se forma en las tormentas severas cuando las gotas de agua o los copos de nieve formados en las nubes de tipo cumulonimbus son arrastrados por corrientes ascendentes de aire.

Las piedras de granizo se forman dentro de una nube cumulonimbus a alturas superiores al nivel de congelación y crecen por las colisiones sucesivas de las partículas de hielo con gotas de agua sobreenfriada, esto es, el agua que está a una temperatura menor que la de su punto de solidificación, pero que permanece en estado líquido y queda suspendida en la nube por la que viaja. Cuando las partículas de granizo se hacen demasiado pesadas para ser sostenidas por las corrientes de aire, caen hacia el suelo.

El tamaño de las piedras de granizo está entre los 5 milímetros de diámetro hasta pedriscos del tamaño de una pelota de golf y las mayores pueden ser muy destructivas, como para romper ventanas y abollar la lámina de los automóviles, pero el mayor daño se produce en los cultivos o a veces, varias piedras pueden solidificarse formando grandes masas de hielo y nieve sin forma.



El depósito del granizo sobre la superficie terrestre exhibe un patrón angosto y largo a manera de un corredor. La mayoría de las tormentas de granizo ocurren durante el verano entre los paralelos 20 y 50, tanto en el hemisferio norte como en el sur.

En México los daños más importantes por granizadas se presentan principalmente en las zonas rurales, ya que se destruyen las siembras y plantíos, causando, en ocasiones, la pérdida de animales de cría. En las regiones urbanas afectan a las viviendas, construcciones, alcantarillas y vías de transporte y áreas verdes cuando se acumula en cantidad suficiente puede obstruir el paso del agua en coladeras o desagües, generando inundaciones o encharcamientos importantes durante algunas horas.

La magnitud de los daños que puede provocar la precipitación en forma de granizo depende de su cantidad y tamaño.



Figura 105. Cultivos recibiendo del Granizo.

- **Metodología**

Para la obtención del mapa de peligro por Tormentas de Granizo para el municipio, se adoptó a la **metodología de nivel 2** descrita en las “Bases para la estandarización en la elaboración de atlas de Riesgo y catálogo de datos geográficos para representar el riesgo 2016”.

Los registros de tormentas de granizo se plasman por ocurrencia del evento, es decir, si granizó, se registra “1” y si no granizó “0”, de tal modo que nuestro análisis estará enfocado en la cuantificación de eventos promedios históricos.

- Se constituye una base de datos de ocurrencia de granizadas en las estaciones base.
- Dados los registros, se cuantifican el número de eventos de granizada anuales, en el periodo homologado de 1963 a 2014.
- Generada la serie de valores anuales, se obtiene el número promedio anual histórico de granizadas.
- Con base en los valores de granizadas, se genera una malla de distribución ráster por medio del método IDW.
- Dada la distribución de las granizadas, se tipifican los grados de peligro con base en la siguiente propuesta de ponderación.

Tabla 63. Ponderación de Peligro por tormentas de granizo

Nivel de Peligro	Granizadas Anuales
Muy Alto	Mayores a 6
Alto	4-6
Medio	2-4
Bajo	1-2
Muy Bajo	0-1

- Consecuentemente se tipifican los niveles de peligro.

Gran parte de la totalidad del territorio municipal se encuentra tipificado como de muy bajo peligro por tormentas de granizo, solo un sector en la porción esta se clasifica como de bajo peligro.

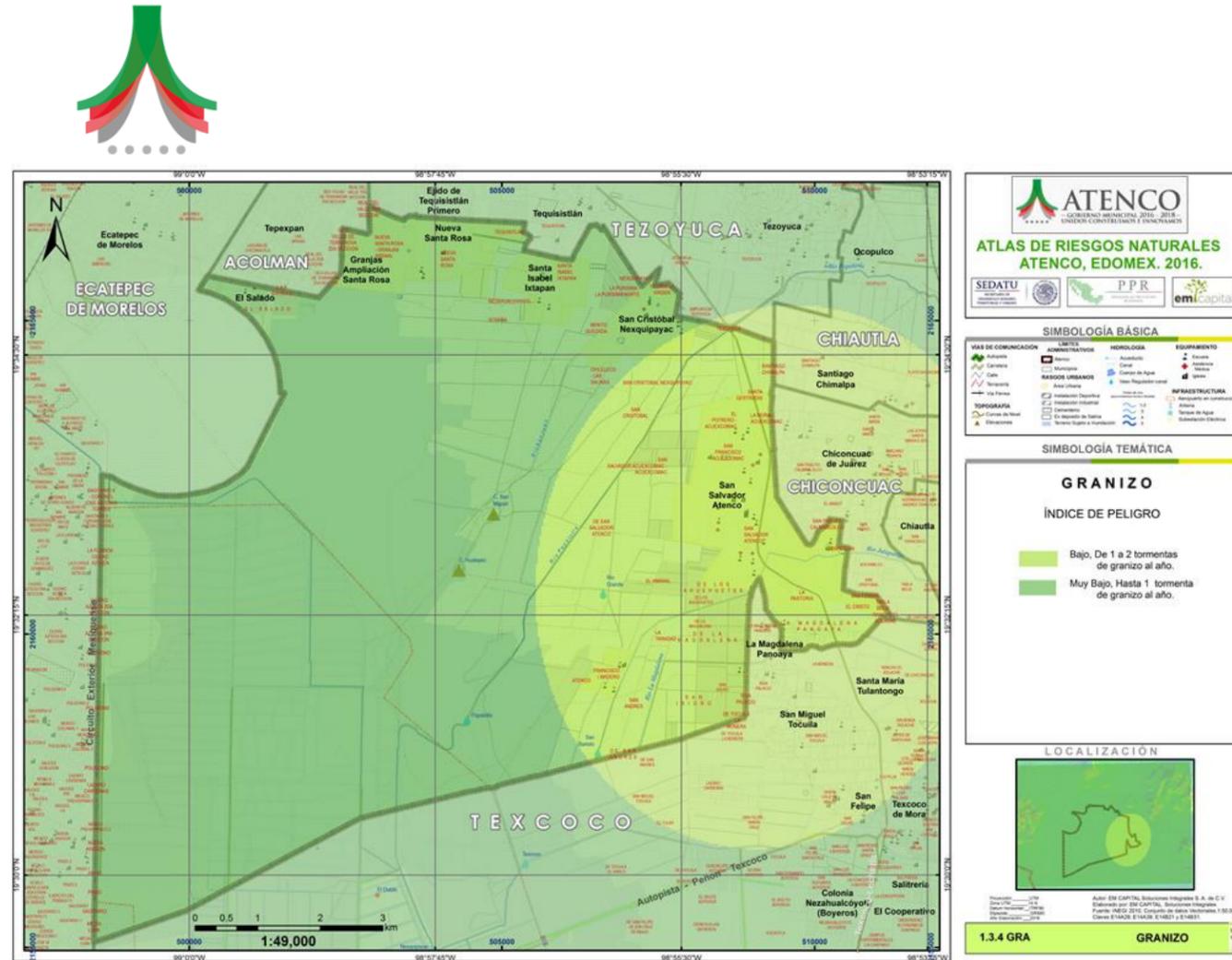


Figura 106. Estimación del peligro por Tormentas de Granizo.

5.2.5. Tormentas de nieve

Debido a la situación geográfica de nuestro país son pocas las regiones que padecen de nevadas, siendo más acentuado este fenómeno en regiones altas como montañas o sierras principalmente, durante el invierno.

Las nevadas son una de las manifestaciones en que puede ocurrir una precipitación, estas se presentan cuando la temperatura en la atmósfera, al nivel superficial, es igual o menor de los 0° centígrados, además de otros factores, como es el viento, principalmente su componente vertical, y la humedad, entre otras. Su estructura consiste en cristales de hielo que se unen para formar los copos de nieve, los cuales sufren transformaciones desde su precipitación hasta su fusión, por lo que las características tanto físicas como químicas de la nieve varían con respecto al tiempo.

Históricamente las zonas donde su ocurrencia es más frecuente son los volcanes del Pico de Orizaba, Popocatepetl, Iztaccíhuatl, Nevado de Toluca, así como en las sierras de Chihuahua, Durango, Sonora, Coahuila, Baja California y Nuevo León, y en menor frecuencia en la zona del Bajío (Zacatecas, Aguascalientes, San Luis Potosí, Guanajuato y Jalisco), así como en las faldas del Nevado de Toluca y las partes altas del valle de México.

En el municipio, los efectos negativos de las nevadas se manifiestan de distintas maneras: por el desquiciamiento del tránsito, apagones y taponamiento de drenajes: por los daños a estructuras endebles y derrumbes de techos. Pueden causar decesos en la población que no tiene la protección adecuada contra el frío, especialmente indigentes o personas de bajos recursos económicos. **No Aplica.**

5.2.6. Ciclones tropicales.

El huracán es el más severo de los fenómenos meteorológicos conocidos como ciclones tropicales. Estos son sistemas de baja presión con actividad lluviosa y eléctrica cuyos vientos rotan antihorariamente (= en contra de las manecillas del reloj) en el hemisferio Norte. Un ciclón tropical con vientos menores o iguales a 62 km/h es llamado depresión tropical. Cuando los vientos alcanzan velocidades de 63 a 117 km/h se llama tormenta tropical y, al exceder los 118 km/h, la tormenta tropical se convierte en huracán.

Una de las diferencias principales entre los tres tipos de ciclones tropicales es su organización. La depresión tropical agrupa nubosidad y lluvia, pero las bandas espirales no están bien delimitadas. La tormenta tropical es un sistema atmosférico con una mejor estructura, con bandas convergentes hacia el centro del sistema. El huracán por su parte es un sistema totalmente organizado en toda la troposfera con bandas de lluvia bien delimitadas.

El huracán produce dos tipos de efectos desde el punto de vista técnico: el efecto directo es cuando una región específica es afectada por vientos, lluvia y marejada generados por el huracán; el efecto indirecto, incluye únicamente uno o dos de los anteriores efectos.

La escala Saffir-Simpson define y clasifica la categoría de un huracán en función de la velocidad de los vientos del mismo. La categoría 1 es la menos intensa (vientos de 119 a 153 km/h); la categoría 5 es la más intensa (vientos mayores que 250 km/h). La categoría de un huracán no está relacionada necesariamente con los daños que ocasiona. Los huracanes categorías 1 ó 2 pueden causar efectos severos dependiendo de los fenómenos atmosféricos que interactúen con ellos, el tipo de región afectada y la velocidad de desplazamiento del huracán. Los huracanes de categoría 3,4, o 5 son considerados como severos.



Tabla 64. Ponderación de peligro por tormentas de granizo.

ESCALA SAFFIR-SIMPSON	
CATEGORÍA	RANGO DE VELOCIDAD DE LOS VIENTOS (KILÓMETROS POR HORA)
1	119-153
2	154-177
3	178-209
4	210-250
5	mayor de 250

Fuente: Elaboración EM Capital con datos de CENAPRED

5.2.7. Tornados.

El tornado es una violenta columna rotativa de aire en movimiento. Esta formación está en contacto simultáneamente con una nube y con la tierra, y puede alcanzar una velocidad de más de 480 kilómetros por hora, con una extensión de más de 1,5 kilómetros. El remolino inicial es la columna descendente de aire frío que precede a una nube y que da origen a otro torbellino, pero de aire caliente. El embudo es el cono invertido que aparece cuando se condensa la humedad de la columna de aire caliente.

Entre las características más significativas que pueden definir a un tornado se encuentran el que suelen tomar forma de embudo, que tienen la particularidad de que pueden verse oscurecidos por nubes de polvo o humo y que pueden presentarse en una gran variedad cromática, incluso pueden ser transparentes.

NO APLICA.

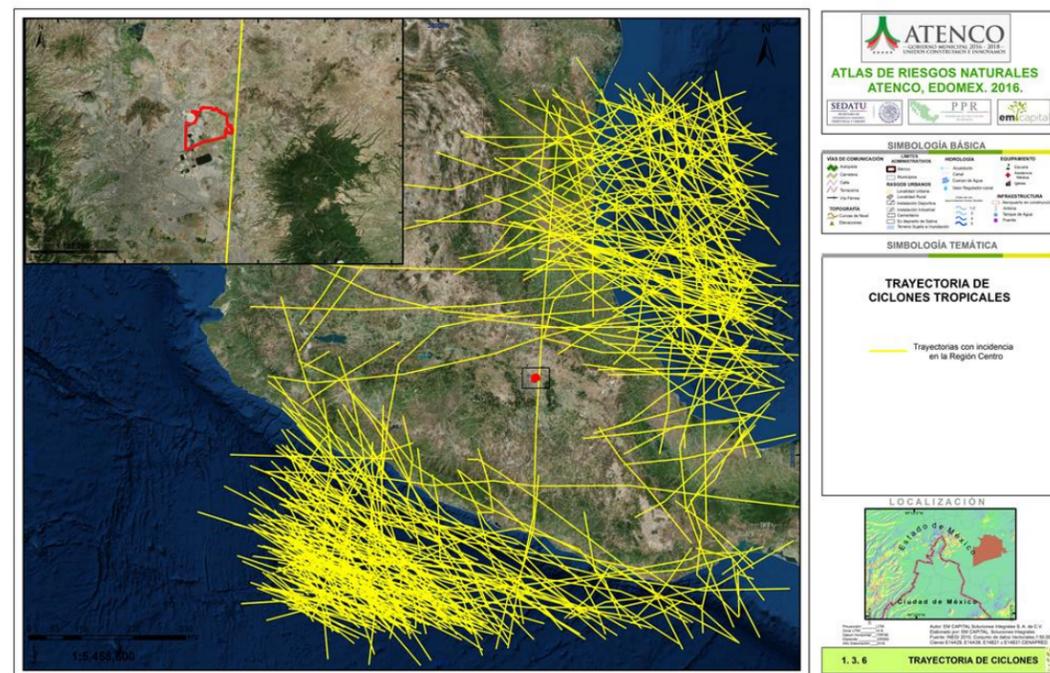


Figura 107. Estimación del peligro por Ciclones Tropicales.

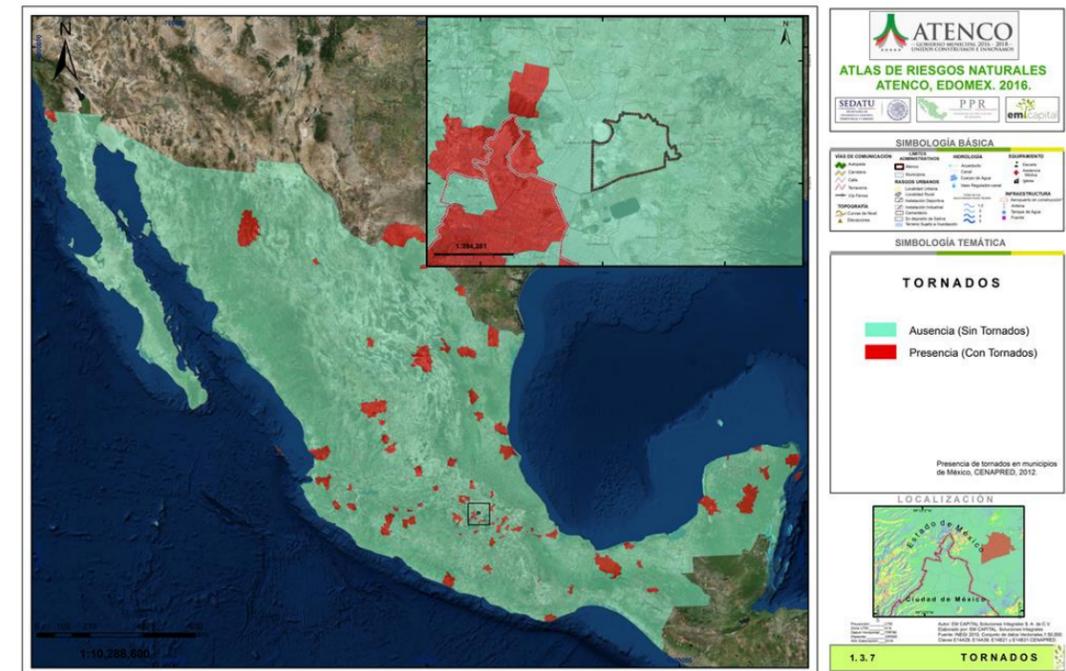


Figura 108. Ocurrencia de tornados en México. CENAPRED



5.2.8. Tormentas polvo.

Una tormenta de polvo o tormenta de arena es un fenómeno meteorológico, que consiste en el desplazamiento masivo de arena por acción del viento., común en regiones áridas y semiáridas. Las tormentas de arenas se desarrollan cuando hay vientos intensos en una región de suelo arenoso que atraviesa una prolongada sequía. Al desplazarse grandes cantidades de arena, que terminan depositándose sobre otro suelo, estas provocan dificultades en la ganadería y la agricultura, pueden reducir la visibilidad a cero, imposibilitando la realización de viajes, y llevarse volando la capa superior del suelo. Las partículas pequeñas quedan suspendidas, mientras que las grandes continúan moviéndose y generando la impresión de una inmensa nube que se mueve conforme a la velocidad del aire. La erosión y la deforestación son problemas que han agravado la fuerza de estos fenómenos.

Las tormentas ocurren con más regularidad en las zonas áridas como el Desierto del Sahara en África o el de Gobi en Mongolia; las llanuras del centro de Estados Unidos y Canadá, el norte de China, el Medio Oriente y Australia, exclusivamente. En México no ocurre debido a que debe existir una conjunción entre fuertes vientos y una alta cantidad de sedimentos.

NO APLICA.

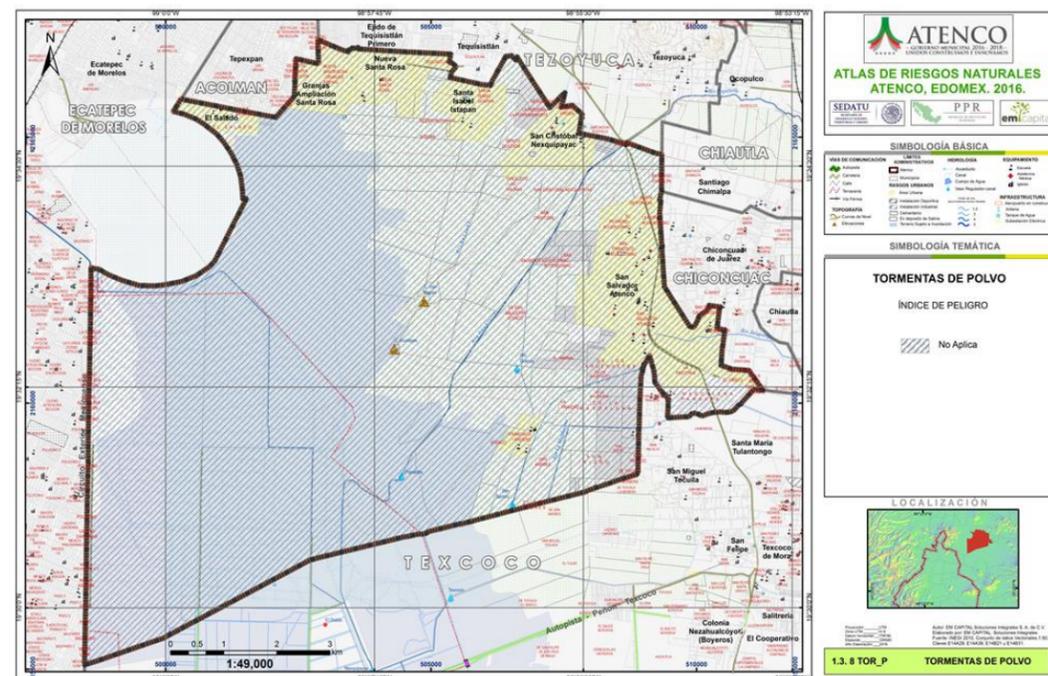


Figura 109. Mapa de peligro por tormentas de polvo

5.2.9. Tormentas eléctricas.

Las tormentas eléctricas son descargas bruscas de electricidad atmosférica que se manifiestan por un resplandor breve (rayo) y por un ruido seco o estruendo (trueno). Las tormentas se asocian a nubes convectivas (cumulonimbus) y pueden estar acompañadas de precipitación en forma de chubascos; pero en ocasiones puede ser nieve, nieve granulada, hielo granulado o granizo (OMM, 1993). Son de carácter local y se reducen casi siempre a sólo unas decenas de kilómetros cuadrados.

Asimismo, el desarrollo económico y poblacional de las ciudades hace posible que ocurran con mayor frecuencia efectos negativos generados por tormentas eléctricas (García, et al., 2007), por lo que es necesario implementar las medidas necesarias que minimicen sus efectos.

Características de Las Tormentas Eléctricas

Una tormenta eléctrica se forma por una combinación de humedad, entre el aire caliente que sube con rapidez y una fuerza capaz de levantar a éste, como un frente frío, una brisa marina o una montaña. Todas las tormentas eléctricas contienen rayos, los cuales pueden ocurrir individualmente en grupos o en líneas.

El ciclo de duración de una tormenta es de sólo una o dos horas y empieza cuando una porción de aire está más caliente que el de su entorno, o bien, cuando el aire más frío penetra por debajo de ella. El estado de madurez de una tormenta está asociado con grandes cantidades de precipitación y rayos.

El rayo es una descarga electrostática que resulta de la acumulación de cargas positivas y negativas dentro de una nube de tormenta. Cuando las cargas adquieren la fuerza suficiente, aparecen los rayos, cuya manifestación visible es el relámpago, es decir, un destello de luz que se produce dentro de las nubes o entre éstas y el suelo. La mayor cantidad de relámpagos ocurren dentro de la nube, mientras que el 20% se presenta entre la nube y el suelo.

Un rayo alcanza una temperatura en el aire que se aproxima a los 30,000 grados centígrados en una fracción de segundo. El aire caliente provoca que éste se expanda rápidamente, produciendo una onda de choque que llega en forma de sonido llamado trueno, éste viaja hacia fuera y en todas direcciones desde el rayo.

Los rayos pueden ser de los siguientes tipos:

- Nube-aire. La electricidad se desplaza desde la nube hacia una masa de aire de carga opuesta.
- Nube-nube. El rayo puede producirse dentro de una nube con zonas cargadas de signo contrario.
- Nube-suelo. Las cargas negativas de las nubes son atraídas por las cargas positivas del suelo.



• **Metodología**

El mapa de peligro por Tormentas Eléctricas para Atenco, adoptó a la **metodología de nivel 1**. Al igual que las tormentas de granizo, los registros de tormentas eléctricas se plasman por **ocurrencia del evento**, es decir, si hubo tormenta eléctrica, se registra “1” y si no, “0”, de tal modo que nuestro análisis estará enfocado en la cuantificación de eventos promedios históricos.

- Se constituye una base de datos de ocurrencia de tormentas eléctricas en las estaciones base.
- Dados los registros, se cuantifican el número de eventos de tormentas eléctricas anuales, en el periodo homologado de 1963 a 2013.
- Generada la serie de valores anuales, se obtiene el número promedio anual histórico de tormentas eléctricas.
- Con base en los valores de granizadas, se genera una malla de distribución ráster por medio del método IDW.
- Dada la distribución de las granizadas, se tipifican los grados de peligro con base en la siguiente propuesta de ponderación.
- Se calculan periodos de retorno para 5, 10, 25 y 50 años con lo que consecuentemente se tipifican los niveles de peligro.

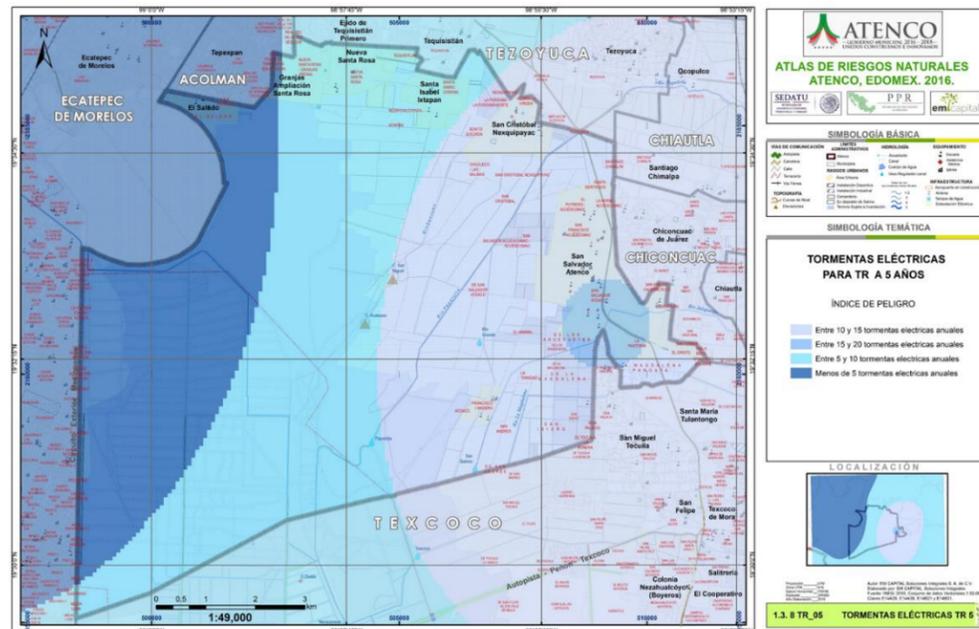


Figura 110. Mapa de Tr = 5 años para tormentas eléctricas.

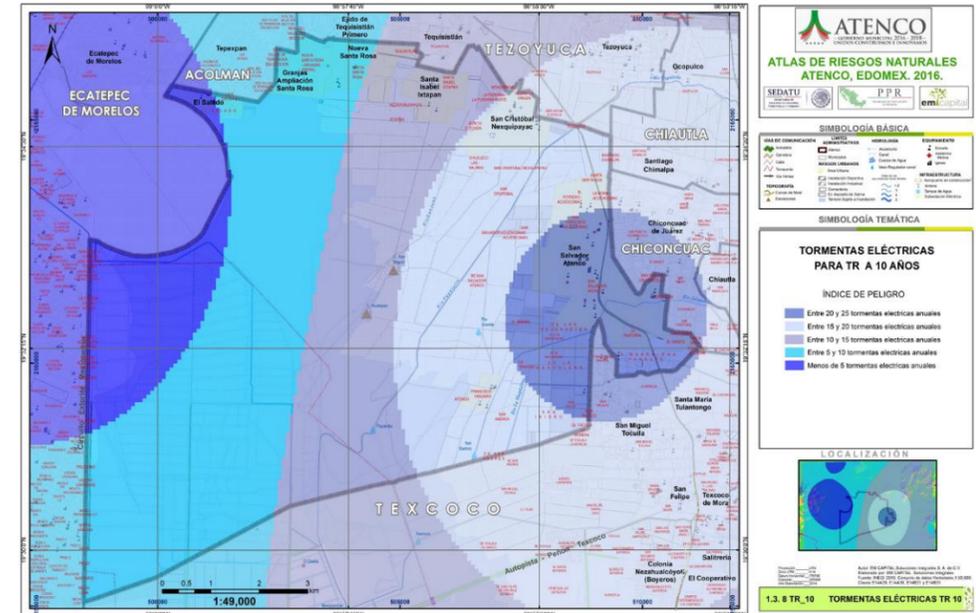


Figura 111. Mapa de Tr = 10 años para tormentas eléctricas.

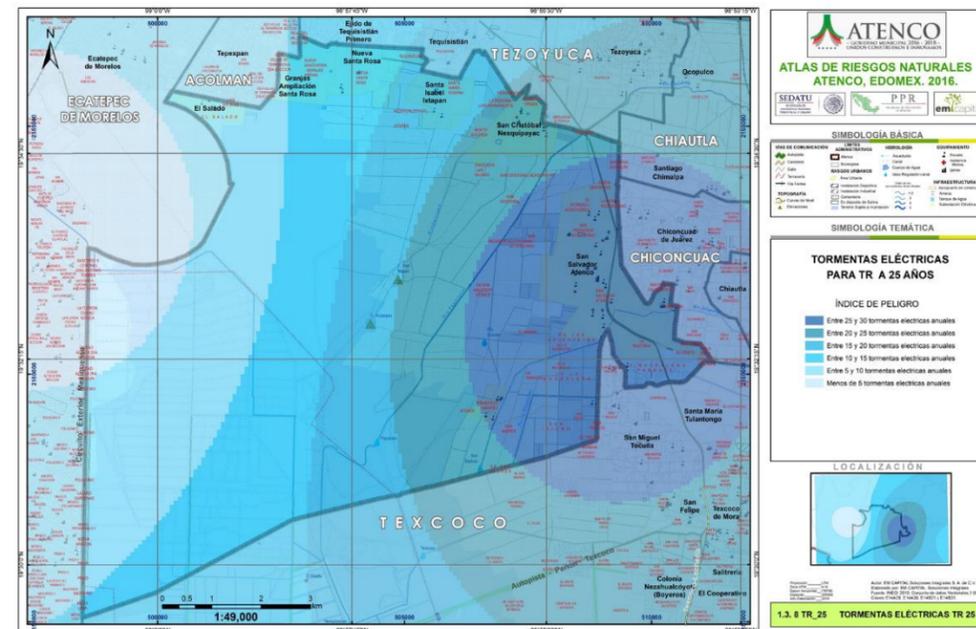


Figura 112. Mapa de Tr = 25 años para tormentas eléctricas.

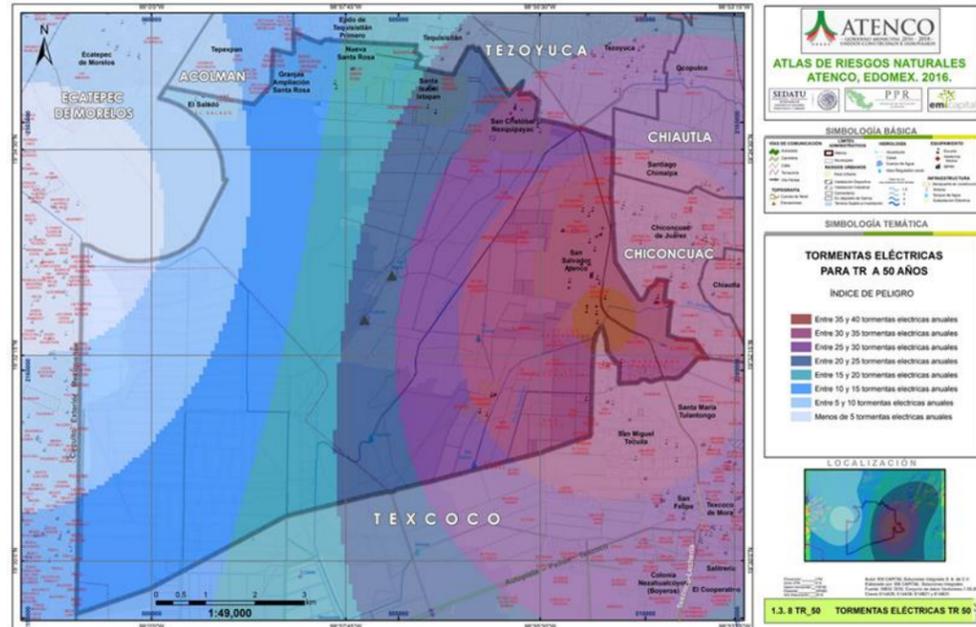


Figura 113. Mapa de Tr = 50 años para tormentas eléctricas.

Tabla 65. Ponderación de Peligro por tormentas eléctricas

Nivel de Peligro	Tormentas Eléctricas Anuales
Muy Alto	Mayores a 20
Alto	10-15
Medio	7-10
Bajo	2-7
Muy Bajo	Menos de 2

Finalmente se tipifican los niveles de peligro.

Casi la totalidad del territorio municipal se encuentra tipificado como de bajo peligro por tormentas eléctricas, solo una porción pequeña el flanco izquierdo es tipificado como de muy bajo peligro.

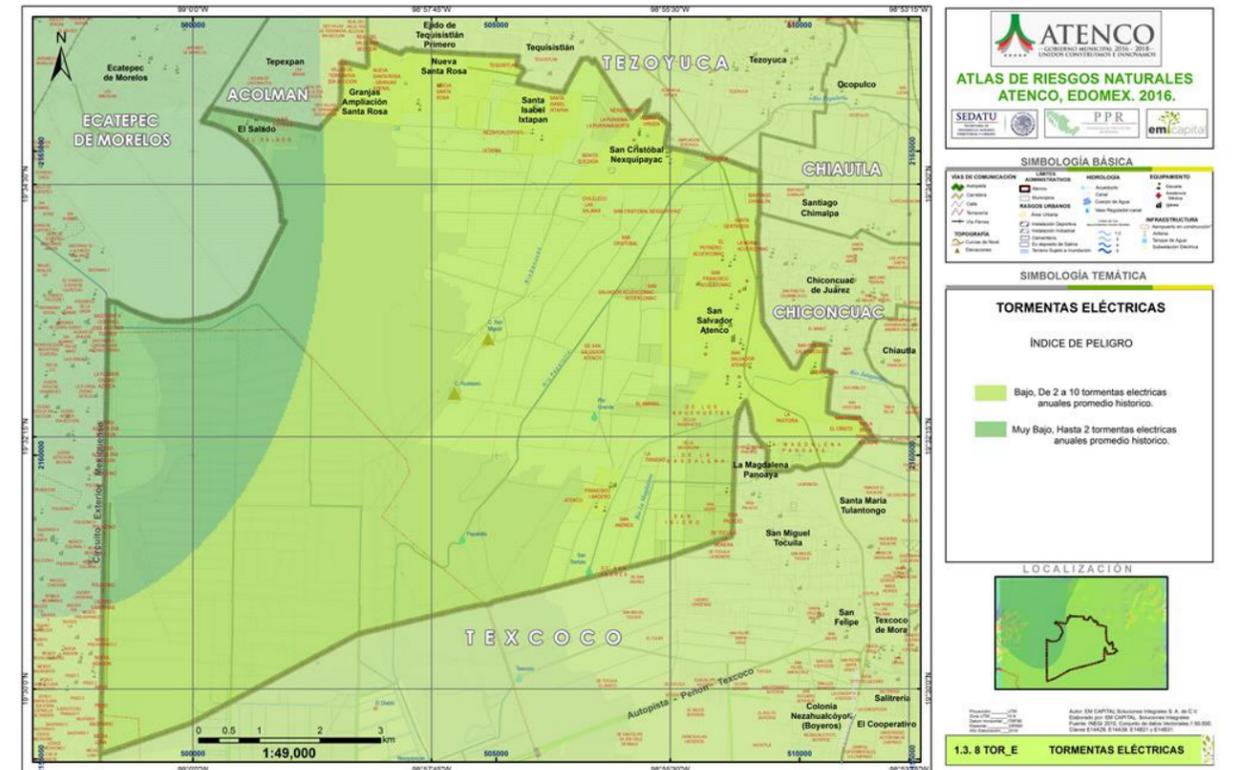


Figura 114. Mapa de peligro por tormentas eléctricas

5.2.10. Lluvias extremas.

Las precipitaciones intensas o lluvias extremas son eventos hidrometeorológicos extremos de gran intensidad, baja frecuencia temporal y aparente distribución espacial irregular, que provocan peligros naturales del tipo geomorfológico, como pueden ser los procesos de erosión superficial, procesos de remoción de masas, inundaciones fluviales, arroyamiento torrencial, y cambios en los cauces y en las llanuras aluviales, que desencadenan desastres afectando a las poblaciones (Bergueria y Lorente).

Para la obtención del mapa de peligro por Tormentas extremas, se adoptó la metodología de nivel 2 descrita en los Términos de referencia para la elaboración de Atlas de Peligros y Riesgos 2016.

De manera inicial se realizó un análisis de amenaza por lluvia, mediante la identificación bibliográfica y levantamiento en campo de las zonas en donde se han registrado en los últimos años las principales afectaciones por este fenómeno, la distribución de estas afectaciones es homogénea a lo largo de las



localidades urbanas derivado de que gran parte del municipio se asienta sobre zonas del antiguo lago de Texcoco.

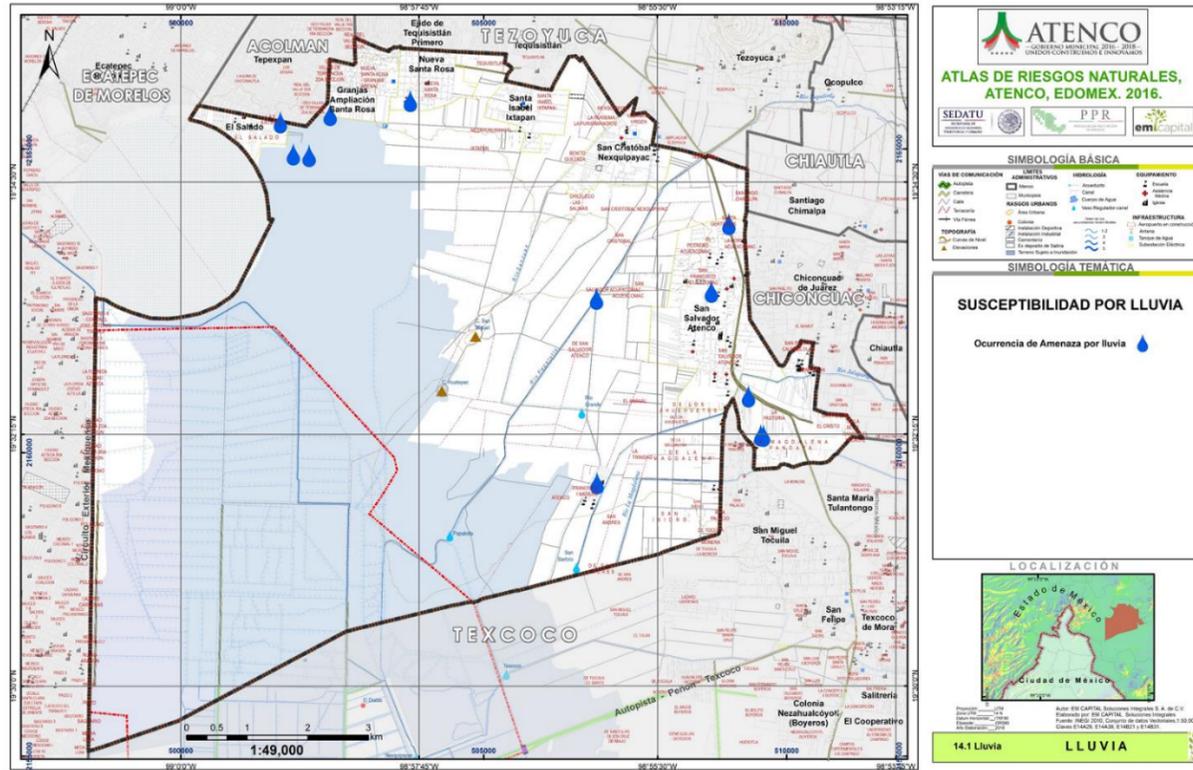


Figura 115. Mapa de susceptibilidad inundaciones

Aunque la cobertura del servicio de drenaje en el municipio es de moderada a buena; los problemas que se presentan son básicamente encharcamientos en el periodo de lluvias, provocado por diversas causas, como son: tuberías que han rebasado su vida útil y que presentan fallas continuas o insuficiencia en su capacidad de desalojo por haberse diseñado para una determinada población de proyecto y finalmente por la sobre explotación del acuífero que ha ocasionado hundimientos del subsuelo y con ello dislocamiento en algunos tramos de los colectores y el funcionamiento en contra flujo de los mismos.

Como parte de la metodología nivel 2 que se adoptó para el análisis del peligro por lluvias extremas, es preciso estimar la ocurrencia de eventos a periodos de retorno dados, es decir, extrapolar y tratar de prever posibles daños ante la ocurrencia de eventos de lluvia extraordinarias. Para este análisis se emplearon los datos de isoyectas de intensidad de lluvias para periodos de retorno de CENAPRED.

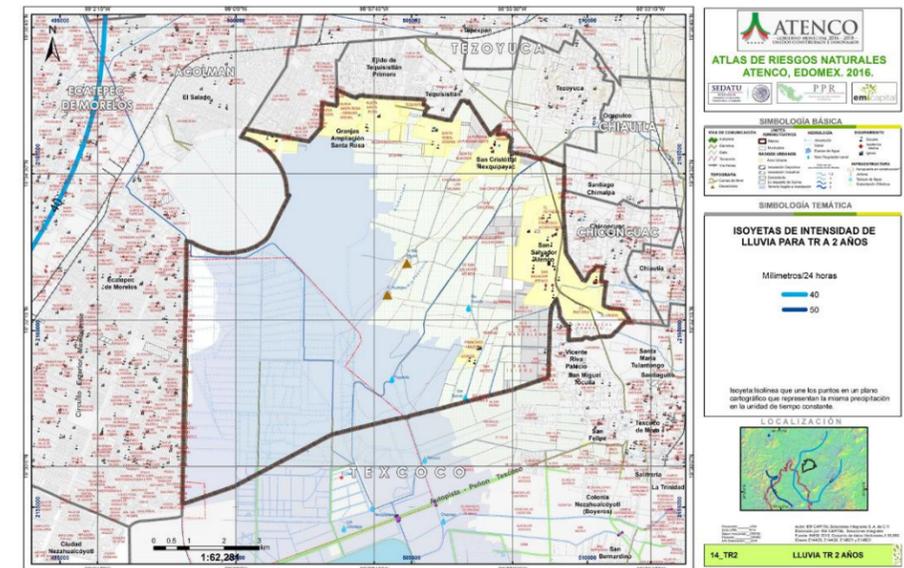


Figura 116. Mapa de Tr = 2 años para lluvias extremas

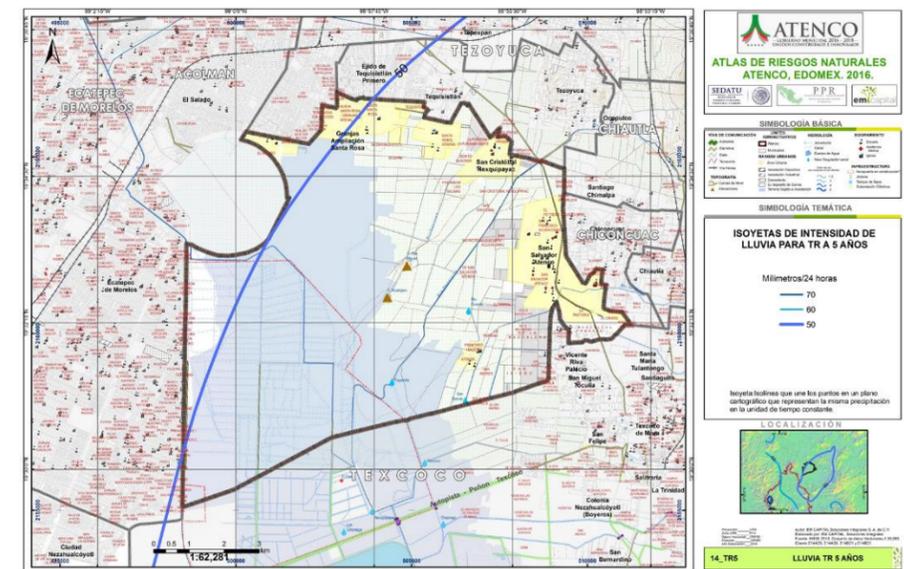


Figura 117. Mapa de Tr = 5 años para lluvias extremas

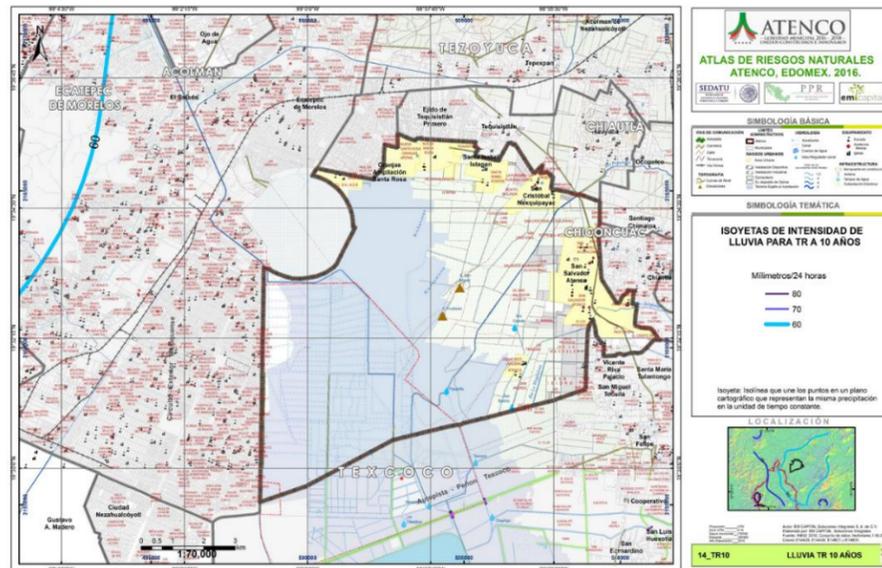


Figura 118. Mapa de Tr = 10 años para lluvias extremas

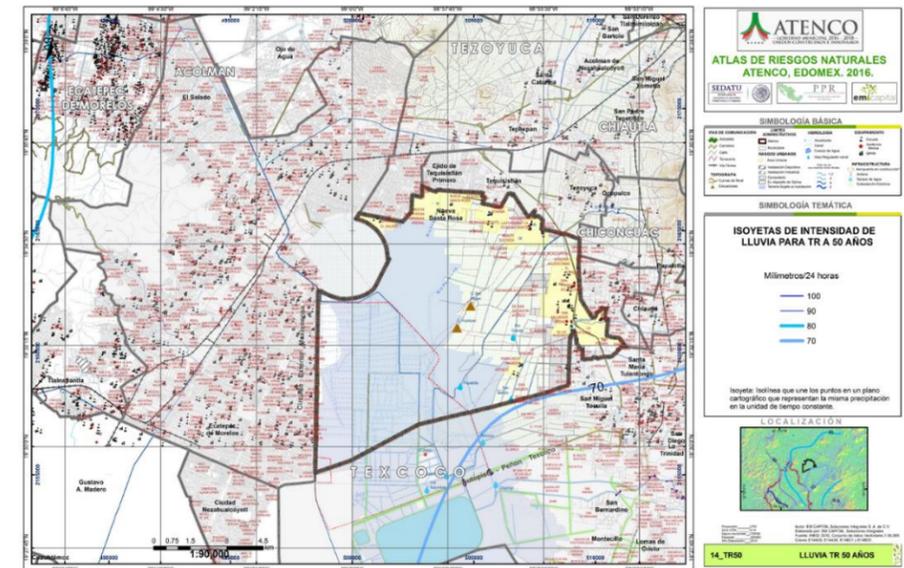


Figura 120. Mapa de Tr = 50 años para lluvias extremas

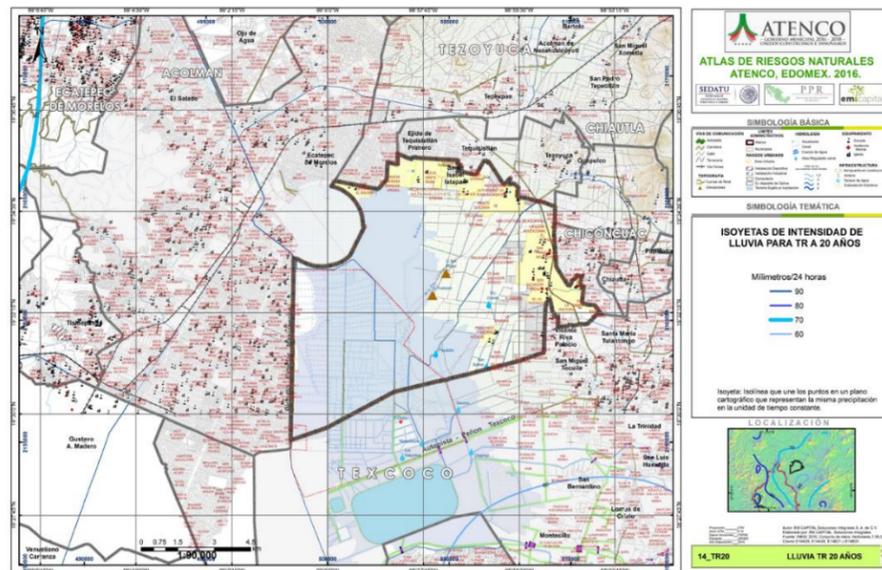


Figura 119. Mapa de Tr = 20 años para lluvias extremas

5.2.11. Inundaciones pluviales, costeras y lacustres.

Las inundaciones son el elemento que más daños causa a la infraestructura del país, y en una orografía tan heterogénea como la de México se presenta en formas muy diversas. Para el caso del municipio de Atenco fue preciso caracterizar hidrológicamente la zona y hacer un análisis de susceptibilidad para entender la dinámica del fenómeno.

En el análisis desarrollado se generaron 3 modelos de inundación fluvial en dos dimensiones que simulan el régimen de caudales que se calculan de un acervo de datos hidrográficos presentes de manera oportuna en la zona de estudio. Así pues, fue preciso hacer uso de información topográfica de detalle mediante la utilización de Modelos digitales de elevación generados a partir de tecnología LIDAR con resolución de 5 metro por pixel. Consecuentemente se hace una zonificación de zonas de peligro y se proponen medidas para la disminución de la vulnerabilidad de los elementos expuestos a las inundaciones en el municipio mexiquense.



Figura 121. Composición del peligro por Inundaciones en Atenco

- **Disponibilidad de Información**

Dada una búsqueda de información de fuentes oficiales para la integración del peligro por inundación en el municipio de Atenco se encontraron los siguientes elementos:

- Modelo digital de elevación LIDAR de tipo terreno con pixeles a cada 5 metros para la totalidad del municipio.
- Modelo digital de elevación LIDAR de tipo superficie con pixeles a cada 5 metros para la totalidad del municipio.
- Información hidrométrica con suficiencia de datos (más de 20 años)
- Reportes de eventos de inundación (desinventar)
- Susceptibilidad a Inundaciones

Así como la información recabada en las diferentes jornadas de trabajo en campo

Tabla 66. Puntos de campo donde se realizaron secciones de río

NOMBRE DEL PUNTO	X	Y	Z	PROF	ANC	ORIENTACION	OBSERVACIONES
				(m)	(m)		
Xalapango	509521	2161238	2247	4.5	12.5	E-W	En río no cuenta con revestimientos, alta densidad de vegetación, Vertidos de Aguas Negras, Contaminación y el cauce es homogéneo sin cambios drásticos. Se geolocalizaron puntos a orillas del cauce a lo largo de 100 m.
Xalapango	509696	2161190	2246	4.2	12.3	E-W	El río tiene un registro de desbordamiento en el año 2009, con una limpieza de desazolve en el segundo semestre de 2014
San Juan	506879	2162550	2239	7.5	26	E-W	El río se encuentra fuertemente contaminado, con bastante vegetación
San Juan	506487	2164745	2248	3.03	10.61	E-W	
Papalotla	507293	2163150	2245	3	16.53	SE- NW	Tiene un Tirante 0.60 m. en los laterales del cauce se ubican asentamientos que fueron afectados en 2012, por lo que se realizaron trabajos de desazolve y limpieza. El cauce presenta revestimientos con inclinación de 3.7 m.
Ramificación Papalotla	506862.8	2162536	2248	3.1	17.13	NW- SE	Se observan revestimientos en ambos ríos.
Ramificación San Juan	506878.4	2162536	2248	2.9	10.5	NW- SE	La rama del río San Juan no contaba con agua

Y una búsqueda de información sobre la recurrencia de inundaciones en el municipio en la base de datos desinventar.



estaciones 26184, 26193 y 16178 se constituyen series de máximos anuales y se hace uso del programa RETORNO 2.0 de Flumen para calcular el régimen de caudales, los resultados de muestran en la siguiente tabla.

Tabla 68. Regímenes de Caudales.

Tr	Gastos (m3/s)		
	Coxcacoac	Papalotla	Jalapango
2	2.34	5.89	1.46
5	4.02	10.15	4.65
10	5.13	12.97	6.77
25	6.54	16.54	9.44
50	7.58	19.18	11.42
100	8.61	21.81	13.39
200	9.64	24.42	15.35
500	11	27.87	17.94
1000	12.03	30.48	19.89

Nota: El rango de datos usado fue de 1950 a 2014

Zonificación de peligro

Conocido el régimen de caudales se modela el flujo en las corrientes con base en topografía LIDAR. El modelo usado fue el de IBER de Flumen, los resultados asociados a periodos de retorno de 2, 5, 20, 50 y 100 años se muestran a continuación:

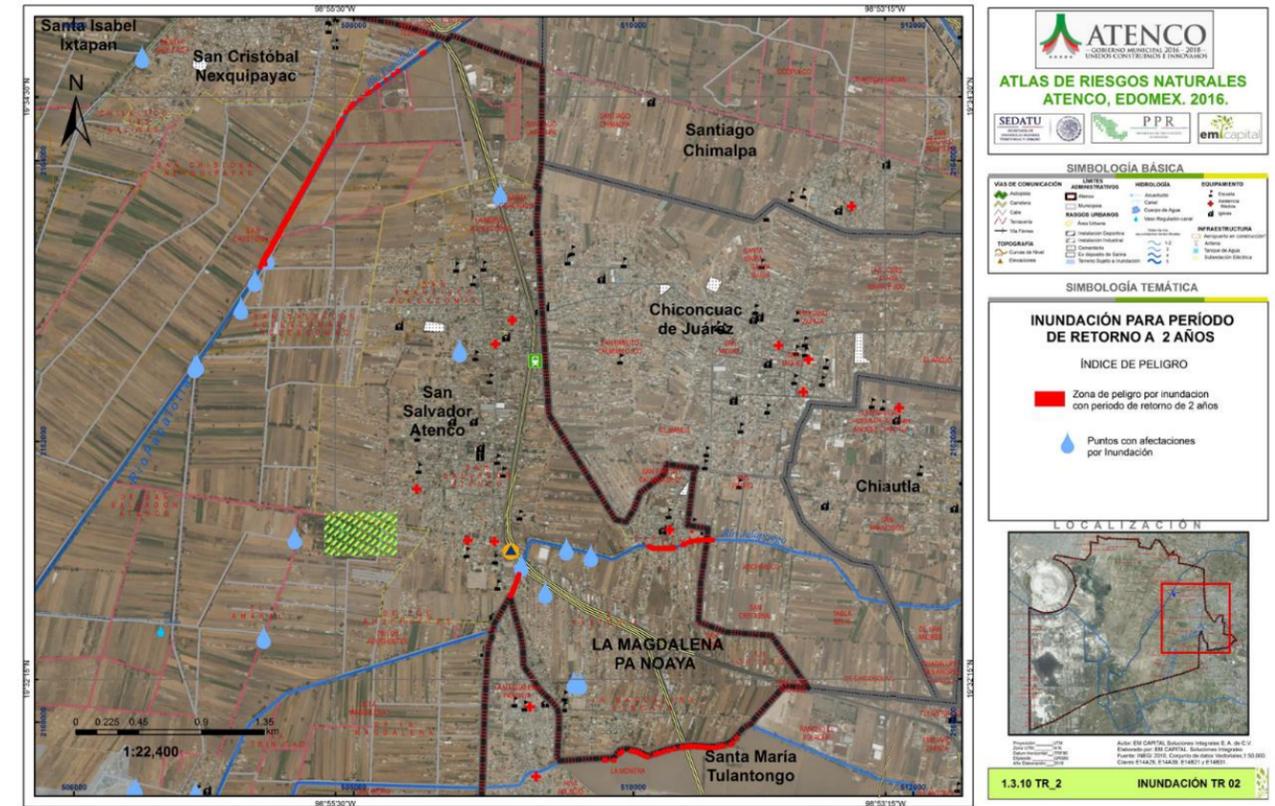


Figura 125. Mapa de peligro por inundación Tr = 2 años.

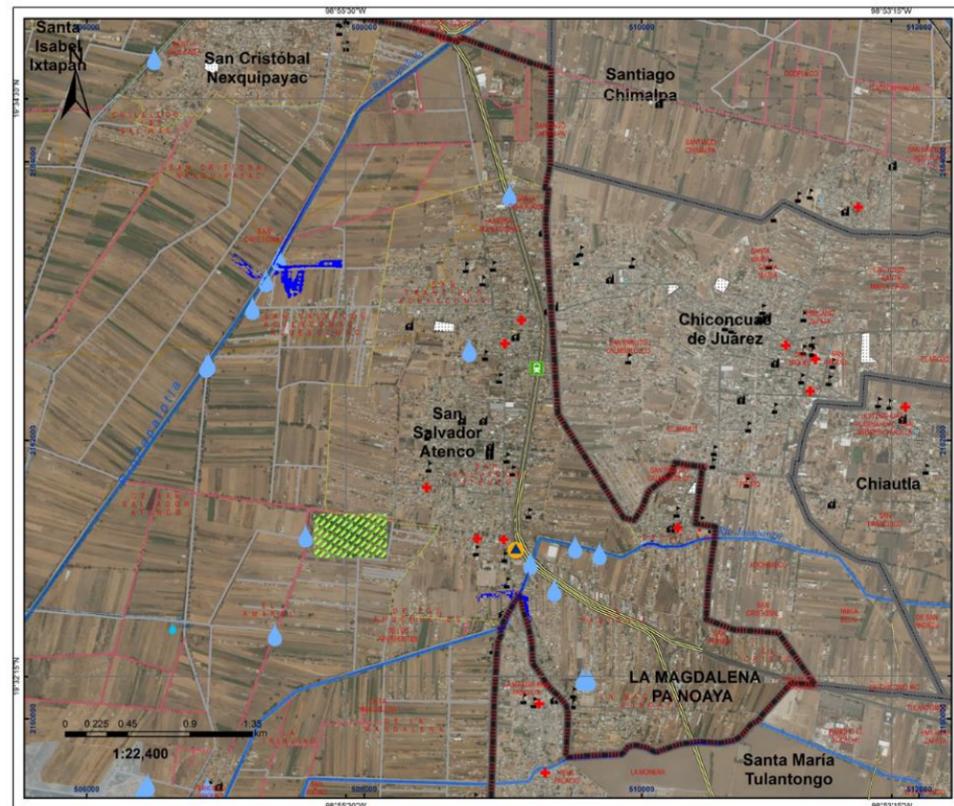


Figura 126. Mapa de peligro por inundación $Tr = 5$ años.

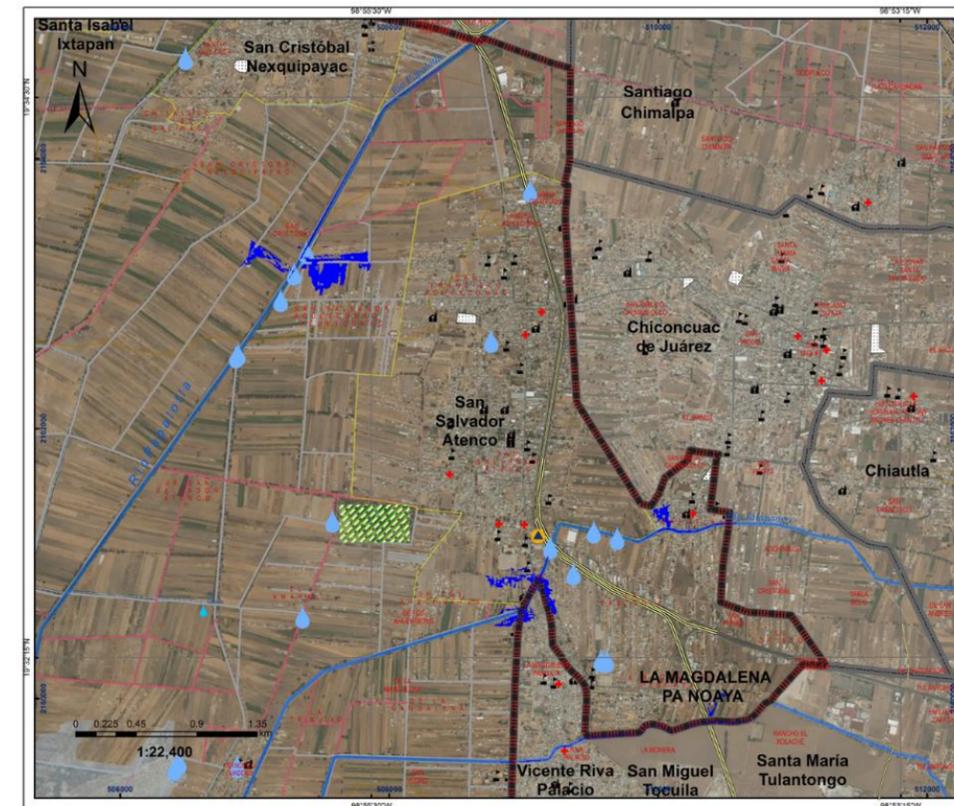
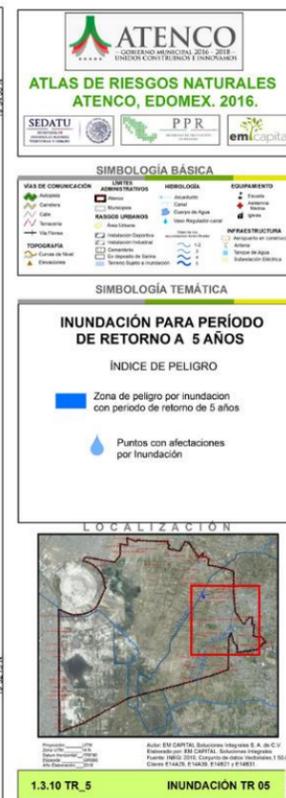


Figura 127. Mapa de peligro por inundación $Tr = 20$ años.



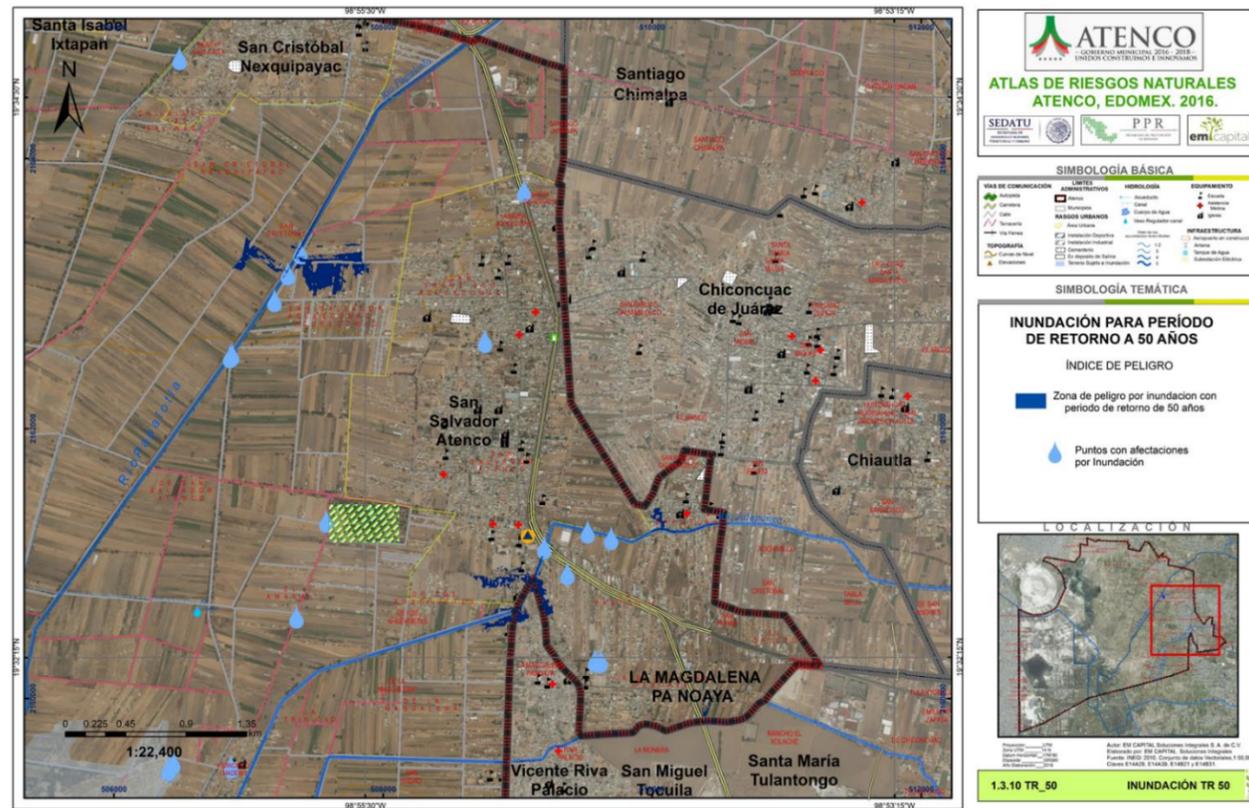


Figura 128. Mapa de peligro por inundación $Tr = 50$ años.

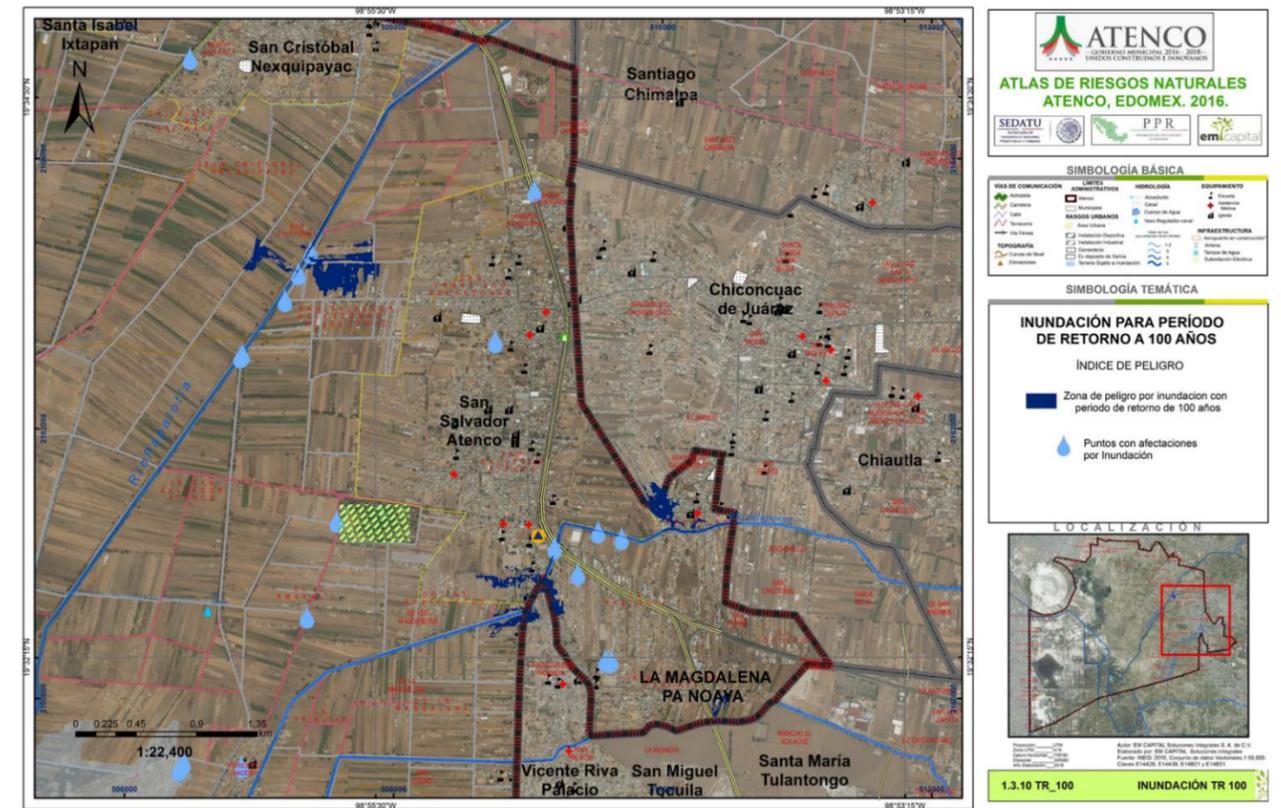


Figura 129. Mapa de peligro por inundación $Tr = 100$ años.

Finalmente, se estimó el peligro con base en los periodos de retorno, asumiendo que entre mayor sea el periodo de retorno menor índice de peligro tiene y viceversa, se realizaron tres zooms de las áreas de estudio, los resultados se presentan en los siguientes mapas:

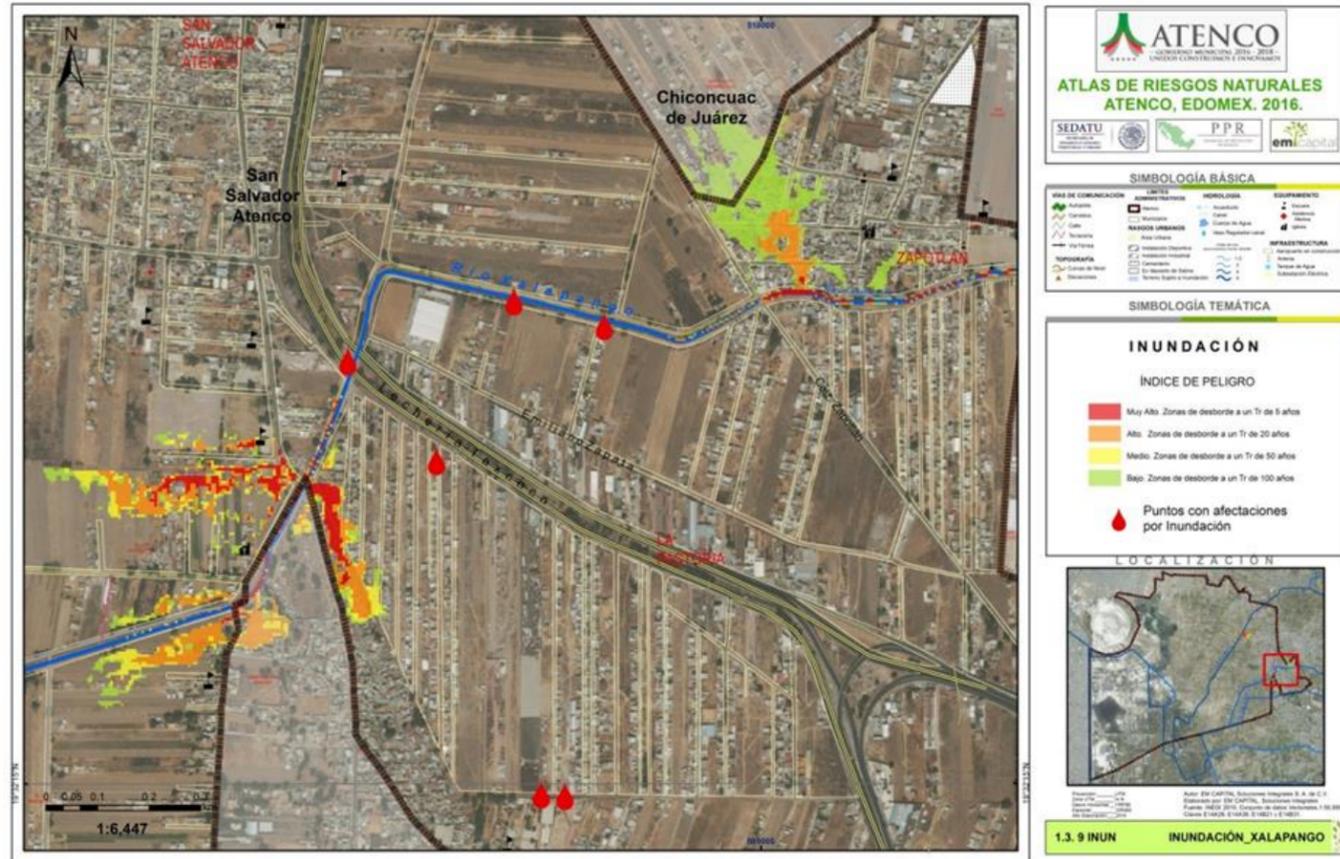


Figura 130. Mapa de peligro de peligro por inundación río Xalapango.

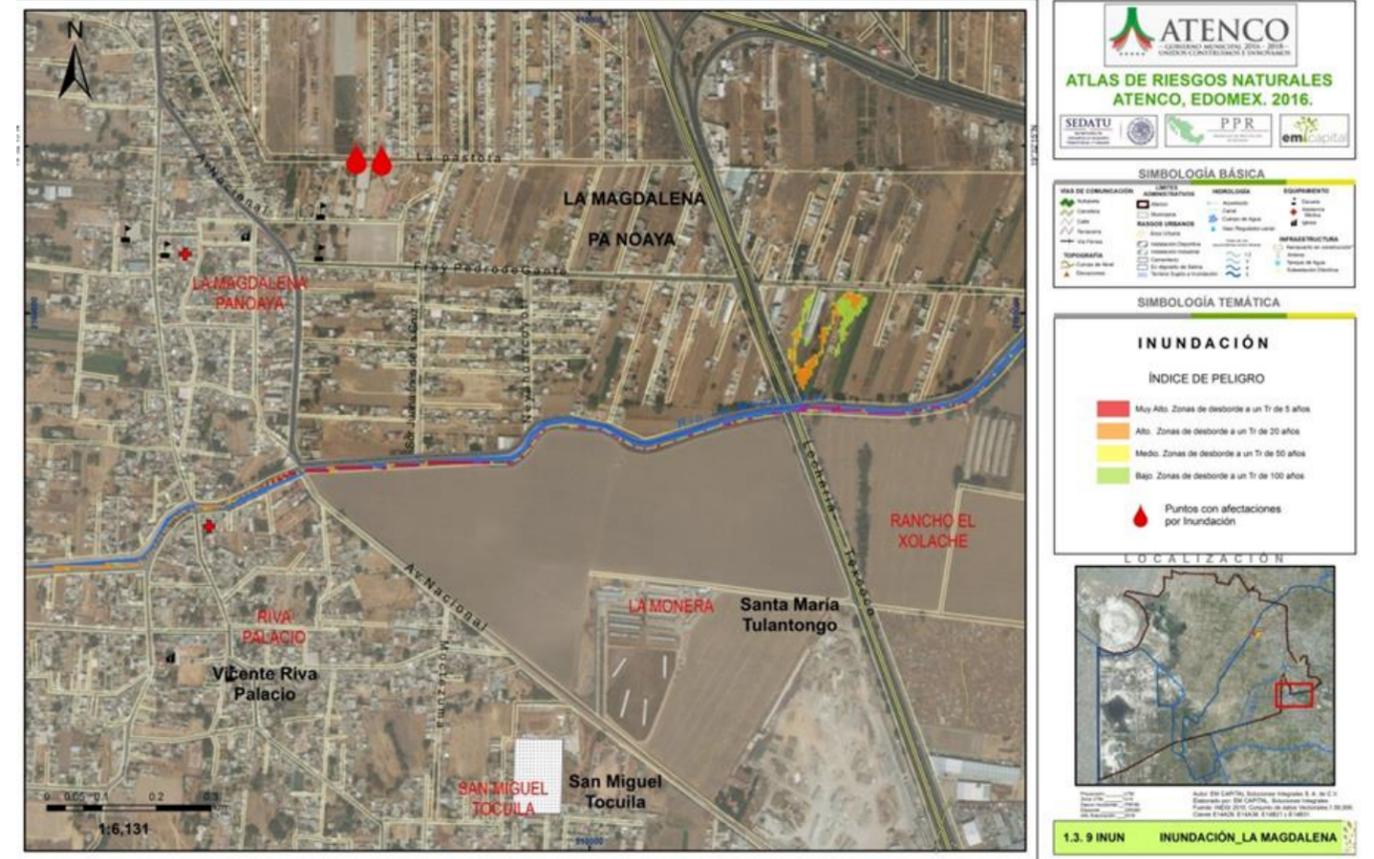


Figura 131. Mapa de peligro por inundación río Coxcacoac

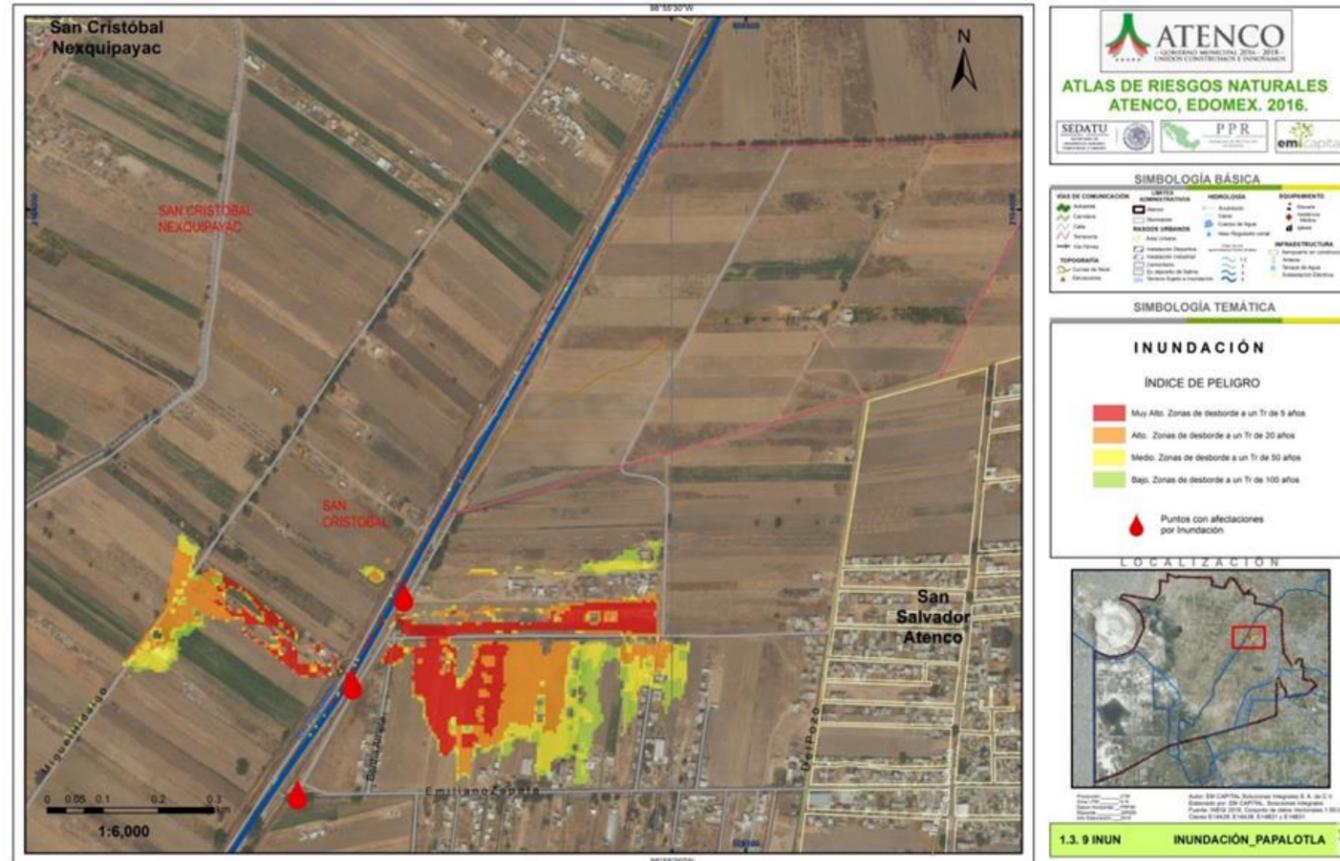


Figura 132. Mapa de peligro por inundación río Papalotla.

Derivado de los modelos, se tipifican las zonas de peligro de la siguiente manera, a las zonas con recurrencia de 5 años se les asigna un peligro muy Alto, a las de 20 años un peligro Alto, para las de 50 años medio y 100 años un nivel Bajo. Los resultados se muestran en la siguiente imagen.

FASE III. VULNERABILIDAD

Vulnerabilidad.

Andrew Maskrey (1993) define la vulnerabilidad como “una relación compleja entre población, medio ambiente, relaciones, formas y medios de producción”. La vulnerabilidad es siempre distinta según las circunstancias de cada persona o grupo social; se entiende como el grado con base en el cual los grupos, clases, regiones o países se comportan y sufren de manera distinta entre sí ante el riesgo en términos de las condiciones sociales, económicas y políticas específicas.

La vulnerabilidad pudiera entenderse también según Blaikie (1994) como las características de una persona o grupo de ellas en relación con su capacidad de anticipar, enfrentar, resistir y recuperarse de un desastre. Cualquiera que sea la definición que se tome, el concepto de vulnerabilidad abarca los siguientes aspectos: a) las condiciones físicas peligrosas, es decir el grado de exposición al peligro, b) las condiciones socioeconómicas, es decir, las relaciones sociales de producción, y c) la capacidad de recuperación individual o general de la sociedad afectada.

En el manejo de los desastres, la vulnerabilidad es una variable sobre la que puede ejercerse control y planeación; la vulnerabilidad es la acción prefigurada de la misma sociedad y su reducción no puede venir de fuera, sino de su modificación interna. Insistimos: para que se presente el desastre es necesario que haya condiciones de vulnerabilidad, es decir el “desastre” no llega, el desastre está ahí antes de que se presente la amenaza, ésta última sólo es la chispa que lo detona.

La vulnerabilidad tiene diversas determinantes que actúan simultáneamente y sistemáticamente e influyen en las afectaciones que sufre o puede sufrir la población; dichos factores son de índole política, demográfica, social, cultural, ideológica, educacional, institucional, económica, técnica, física o ambiental (Wilches – Chau, 1993; Cardona, 2003) En consecuencia, la ausencia o presencia de vulnerabilidad sintetiza el desarrollo alcanzado por un país, un municipio o una ciudad. En este contexto, es necesario mencionar que la dimensión de la vulnerabilidad analizada para los Atlas Municipales de Riesgo es social y física.

6.1. Vulnerabilidad Social.

CENAPRED define la vulnerabilidad social como el “conjunto de características sociales y económicas de la población que limita la capacidad de desarrollo de la sociedad; en conjunto con la capacidad de prevención y respuesta de la misma frente a un fenómeno y la percepción local del riesgo”. Las limitaciones al desarrollo se relacionan con las precarias condiciones socioeconómicas y demográficas que incluyen en la formación de recursos humanos, como cimiento, el ejercicio de la ciudadanía, la organización social, la acumulación de activos familiares, o la construcción de capital social.

De acuerdo con la Metodología para Estimar la Vulnerabilidad social de CENAPRED en su Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgo la evaluación de la Vulnerabilidad Social se desarrolla en tres partes:

- 1.- Características Sociales económicas
- 2.- Evaluación de la capacidad de respuesta
- 3.- Evaluación de la percepción local del riesgo



Finalmente, para calcular la Vulnerabilidad Social se aplica la siguiente función: $GVS = (R1 \cdot 0.50) + (R2 \cdot 0.25) + (R3 \cdot 0.25)$ y se le da un peso del 50%, a la capacidad de prevención y respuesta un peso del 25%, a la percepción local y un peso del 25%. La suma de los resultados en las 3 partes dio como resultado valores cuantitativos que determinaran los rangos de vulnerabilidad social.

Tabla 69. Clasificación de vulnerabilidad

VALOR FINAL	GRADO DE VULNERABILIDAD SOCIAL
De 0 a .20	MUY BAJO
De .21 a .40	BAJO
De .41 a .60	MEDIO
De .61 a .80	ALTO
Más de .80	MUY ALTO

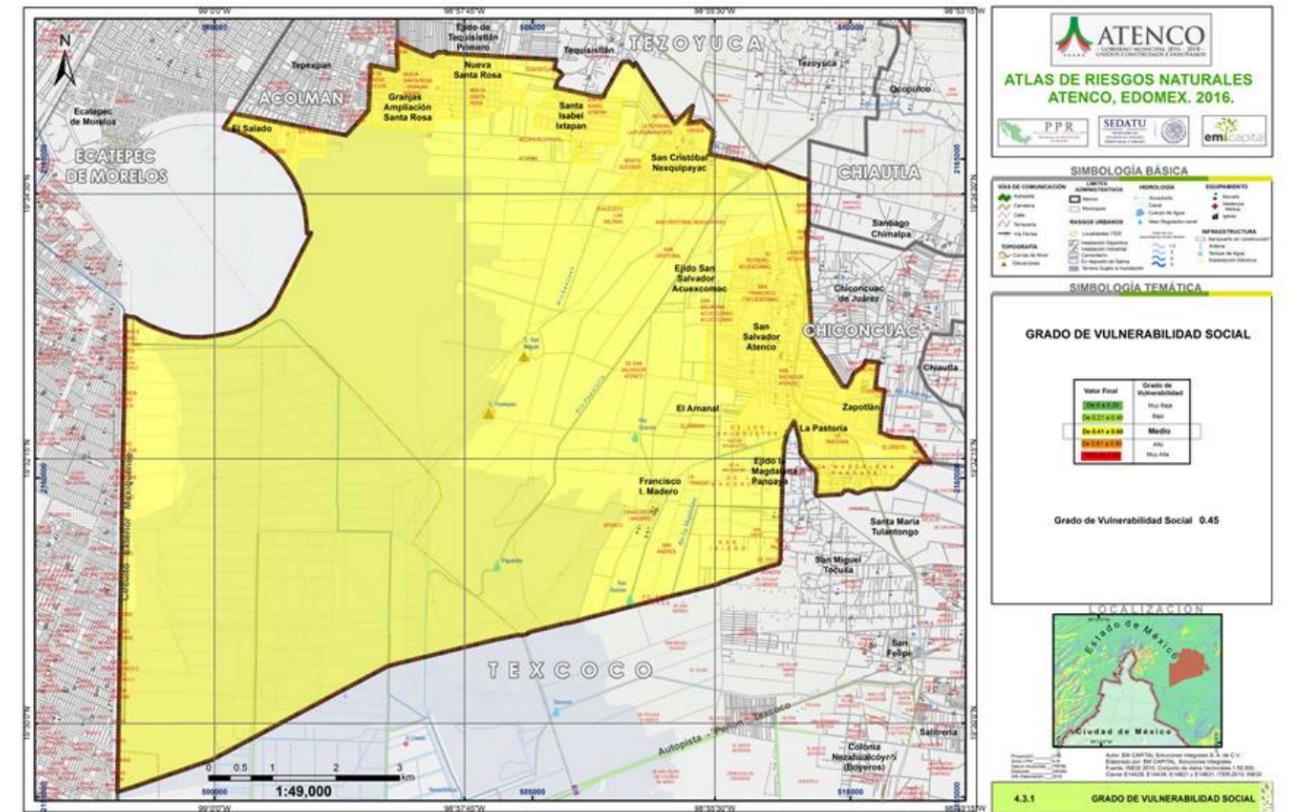
Fuente CENAPRED

$$GVS = (R1 \cdot 0.50) + (R2 \cdot 0.25) + (R3 \cdot 0.25)$$

$$GVS = (0.65 \cdot 0.50) + (0.25 \cdot 0.25) + (0.5 \cdot 0.25)$$

$$GVS = 0.45$$

Por consiguiente, se estimó la Vulnerabilidad Social del Municipio de Atenco en **MEDIO**



Fuente 133. EM Capital Soluciones Integrales S.A. de C.V.

6.1.1. Características sociales y económicas.

El análisis de esta componente se construyó a partir del análisis de los 18 indicadores propuestos por el CENAPRED en su Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgo, para este análisis se obtuvieron los datos mediante la búsqueda, análisis y recopilación de información en la base de datos oficial del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Una vez obtenidos los datos se procesaron de la siguiente manera: se sumaron los resultados finales de cada una de las encuestas, posteriormente se obtuvo la calificación para cada una de ellas, y finalmente se promedió la calificación de cada una entre el número total de rubros considerados en la encuesta, resultando una Vulnerabilidad municipal promedio de 0.65.



Tabla 70. Cedula de indicadores socio-económicos

MUNICIPIO:	ATENCO	NO. 1				
SECTOR	VARIABLE	INTERVALOS	VULNERABILIDAD	CALIFICACIÓN		
	Médicos por cada 1,000 habitantes (Existen 11 médicos en Atenco por lo tanto, le corresponden 0.21 médicos por cada 1000 habitantes) (Fuente INEGI)	De 0.20 a 0.39 Médicos por cada mil habitantes De 0.4 a 0.59 Médicos por mil habitantes De 0.6 a 0.79 Médicos por cada mil habitantes De 0.8 a 0.99 Médicos por cada mil habitantes Uno o más Médicos por cada mil habitantes	Muy Alta 1 Alta 0.75 Media 0.50 Baja 0.25 Muy Baja 0	1		
SALUD	Tasa de Mortalidad Infantil (19.12 por cada mil nacimientos) (Fuente INEGI)	De 17.2 a 27.1 De 27.2 a 37.0 De 37.1 a 47.0 De 47.1 a 56.9 57.0 ó más	Muy Baja 0 Baja 0.25 Media 0.5 Alta Muy 0.75 Alta 1	0		
	Porcentaje de la Población no Derechohabiente (30537= 54.40%) (Fuente Línea 137 ITER)	De 17.63 a 34.10 De 34.11 a 50.57 De 50.58 a 67.04 De 67.05 a 83.51 83.52 ó más	Muy Baja 0 Baja 0.25 Media 0.5 Alta Muy 0.75 Alta 1	0.5		
PROMEDIO SALUD				1.5		
	Porcentaje de Analfabetismo (existen 206 personas analfabetas, teniendo e .37% de su población analfabeta) (Fuente Línea 101 de ITER)	De 1.07 a 15.85 De 15.86 a 30.63 De 30.64 a 45.41 De 45.42 a 60.19 60.20 ó más	Muy Baja 0 Baja 0.25 Media 0.5 Alta Muy 0.75 Alta 1	0		

EDUCACIÓN	Porcentaje de población de 6 a 14 años que asiste a la escuela (Teniendo el 95.5% de los niños que asisten a la escuela) (Fuente Línea 86 y 89 de ITER)	De 42.72 a 54.17 De 54.18 a 65.62 De 65.63 a 77.07 De 77.08 a 88.52 88.53 ó más	Muy Alta 1 Alta 0.75 Media 0.50 Baja 0.25 Muy Baja 0	0	
	Grado Promedio de Escolaridad (Teniendo un promedio de 8.65) (Fuente Línea 122 de ITER)	De 1 a 3.2 De 3.3 a 5.4 De 5.5 a 7.6 De 7.7 a 9.8 De 9.9 o más	Muy Alta 1 Alta 0.75 Media 0.50 Baja 0.25 Muy Baja 0	0.25	
PROMEDIO EDUCACIÓN					0.25
	Porcentaje de Viviendas sin Servicio de Agua Entubada (Existen 1281 viviendas sin servicio de agua entubada siendo 9%) (Fuente Línea 176 ITER)	De 0 a 19.96 De 19.97 a 39.92 De 39.93 a 59.88 De 59.89 a 79.84 79.85 ó más	Muy Baja 0 Baja 0.25 Media 0.5 Alta Muy 0.75 Alta 1	0	
	Porcentaje de Viviendas sin Servicio de Drenaje (existen solo 217 viviendas sin Drenaje y son el 1.5%) (Fuente Línea 179 ITER)	De 1.21 a 20.96 De 20.97 a 40.71 De 40.72 a 60.46 De 60.47 a 80.21 80.22 ó más	Muy Baja 0 Baja 0.25 Media 0.5 Alta Muy 0.75 Alta 1	0	
Vivienda 14315	Porcentaje de Viviendas sin Servicio de Electricidad (Existen 2226 viviendas con electricidad siendo el 16.7%) (Fuente Línea 174 ITER)	De 0 a 19.76 De 19.77 a 39.52 De 39.53 a 59.28 De 59.29 a 79.04 79.05 ó más	Muy Baja 0 Baja 0.25 Media 0.5 Alta Muy 0.75 Alta 1	0	



	Déficit de Vivienda (existe el déficit de 7.5%) (Fuente INEGI)	De 1.63 a 13.72 De 13.73 a 25.81 De 25.82 a 37.90 De 37.91 a 49.99 De 50 ó más	Muy Baja 0 Baja 0 0.25 Media 0.5 Alta Muy 0.75 Alta 1	0
	Porcentaje de viviendas con piso de tierra (Existen 679 viviendas con piso de tierra, el 4.75%) (Fuente Línea 167 ITER)	De 1.52 a 20.82 De 20.83 a 40.12 De 40.13 a 59.42 De 59.43 a 78.72 78.73 ó más	Muy Baja 0 Baja 0 0.25 Media 0.5 Alta Muy 0.75 Alta 1	0

	Densidad de Población (Tiene una extensión de 95.67 km2, teniendo 588 habitantes por Km2) (Fuente INEGI)	De 1 a 99 Habitantes por km2 De 100 a 499 Habitantes por km2 De 500 a 999 Habitantes por km2 De 1,000 a 4,999 Habitantes por km2 Más de 5,000 Habitantes por km2	Muy Baja 0 Baja 0.5 0.25 Media 0.5 Alta Muy 0.75 Alta 1	0.5
POBLACIÓN 56243	Porcentaje de Población de Habla Indígena, (Teniendo 890 personas que hablan lengua indígena) (Fuente Línea 61 ITER)	Más del 40% de la población Menos del 40% de la población	Predominan Indígena 1 no indígena 0	0
	Porcentaje de Población que Habita en Localidades Menores a 2 500 Habitantes, (Solo 3141 personas viven en localidades de menos de 2500 siendo el 5.6%) (Fuente Línea 1 de ITER)	De 0 a 9.9 De 10 a 19.9 De 20 a 29.9 De 30 a 39.9 40 o más	Muy Baja 0 Baja 0 0.25 Media 0.5 Alta Muy 0.75 Alta 1	0
PROMEDIO POBLACIÓN				0.5
TOTAL				2.75

	Porcentaje de Viviendas con Paredes de Material de Desecho y Lámina de Cartón (Existen alrededor de 800 viviendas construidos con material de desecho, 5.6%) (Fuente INEGI)	De 0 a 3.84 De 3.85 a 7.68 De 7.69 a 11.52 De 11.53 a 15.36 15.37 ó Más	Muy Baja 0 Baja 0.25 Media 0.5 Alta Muy 0.75 Alta 1	0.25
PROMEDIO VIVIENDA				0.25
	Porcentaje de la Población Económicamente Activa que Recibe Ingresos de Menos de 2 Salarios Mínimos (Existen 21010 personas en estas condiciones siendo el 37%) (Fuente CONEVEL)	De 18.41 a 34.50 De 34.51 a 50.59 De 50.60 a 66.68 De 66.69 a 82.77 82.78 ó más	Muy Baja 0 Baja 0.25 Media 0.5 Alta Muy 0.75 Alta 1	0.25
EMPLEOS E INGRESOS	Razón de Dependencia (Siendo 21122 personas en razón de dependencia, 37.5%) (Fuente Líneas 41 y 45 de ITER)	De 37.72 a 57.69 De 57.70 a 77.66 De 77.67 a 97.63 De 97.64 a 117.60 117.61 ó más	Muy Baja 0 Baja 0.25 Media 0.5 Alta Muy 0.75 Alta 1	0
	Tasa de Desempleo Abierto (Existen 1054 personas en desempleo, siendo el 1.8%) (Fuente Línea 134 del ITER)	De 0 a 3.09 De 3.10 a 6.18 De 6.19 a 9.27 De 9.28 a 12.36 12.37 ó más	Muy Baja 0 Baja 0.25 Media 0.5 Alta Muy 0.75 Alta 1	0
PROMEDIO EMPLEO E INGRESOS				0.25



6.1.2. Capacidad de respuesta.

Se refiere a la capacidad de hacer frente a una emergencia o desastre que afecte a la población, evalúa que se lleve a cabo una respuesta de calidad aceptable, dentro de un margen de tiempo aceptable, a un costo aceptable y reduciendo al máximo posibles pérdidas humanas y económicas. Es decir, se tiene mayor capacidad de respuesta en la medida en que las instituciones encargadas de responder al interior del Municipio cuentan con equipo, capacitación y recursos, para guiar y atender la demanda pública.

De acuerdo con la Metodología para Estimar la Vulnerabilidad Social de CENAPRED en su Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgo la evaluación de la capacidad de respuesta se obtiene mediante encuesta al Director Municipal de Protección Civil. Sin embargo y con base en los reactivos de la encuesta se considera que al levantar la encuesta al director se estaría subestimando la capacidad de respuesta real. Por lo que se realizaron tres encuestas finales (1 al director y 11 más al personal de la Dirección Municipal de Protección Civil seleccionadas al azar).

Una vez obtenidos los datos se procesaron de la siguiente manera. Se sumaron los resultados finales de cada una de las encuestas, posteriormente se obtuvo la calificación para cada una de ellas, y finalmente se promedió la calificación de cada una entre el número total de encuestas, resultando una capacidad de respuesta de **6 (0.25)**, lo que representa una capacidad de respuesta de **ALTA**.

Tabla 71. Cedula de Capacidad de Respuesta

CEDULA CAPACIDAD DE RESPUESTA			
Municipio:			
Localidad, barrio o colonia: Unidad de Protección Civil			
No.	Pregunta	Si	No
1	¿El municipio cuenta con una unidad de protección civil o con algún comité u organización comunitaria de gestión del riesgo que maneje la prevención, mitigación, preparación y respuesta?	0	1
2	¿Cuentan con un plan de emergencia?	0	1
3	¿Cuentan con un consejo municipal el cual pueda organizar todo en caso de desastre?	0	1

4	¿Existe alguna normatividad (manual) que regule las funciones de la Unidad de Protección Civil?	0	1
5	¿Conoce los programas federales de apoyo para la prevención, mitigación y atención de desastres?	0	1
6	¿Cuentan con un mecanismo de alerta temprana?	0	1
7	¿Cuentan con canales de comunicación entre instituciones, áreas y personal en caso de emergencia?	0	1
8	¿Las instituciones de salud municipal cuentan con programas especiales para atención a la población en caso de un desastre?	0	1
9	¿Tienen establecidos rutas de evacuación (caminos y carreteras) en caso de desastre?	0	1
10	¿Tiene sitios que puedan fungir como helipuertos?	0	1
11	¿Tiene ubicados sitios que puedan funcionar como albergue en caso de emergencia?	0	1
12	¿Tiene reservas de alimentos, cobertores, colchonetas, y pacas de láminas de cartón en caso de emergencia?	0	1
13	¿Tiene vínculos con (DIF, DINCOSA, LICONSA etc.) para la operación de los albergues y distribución de alimentos y cobertores?	0	1



14	¿Se llevan a cabo simulacros en dependencias y escuelas sobre qué hacer en caso de emergencia y promueven planes familiares de protección civil?	0	1
15	¿Cuentan con personal activo?	0	1
16	¿El personal está capacitado para informar de que hacer en caso de emergencia?	0	1
17	¿Cuentan con mapas o croquis de su localidad que identifiquen puntos críticos o zonas de peligro?	0	1
18	¿Cuentan en su unidad equipo de comunicación necesario como (computadoras, internet, fax, teléfono, etc.) para recibir y enviar información?	0	1
19	¿Cuenta con información histórica de desastres y que se hizo en ese tiempo?	0	1
20	¿Cuenta con equipo para la comunicación municipal (radios fijos y/o móviles)?	0	1
21	Cuentan con algún sistema de información geográfica para procesar y analizar cartografía a fin de localizar puntos críticos en su localidad	0	1
22	¿Cuentan con algún sistema de posicionamiento global (GPS) para georreferenciar puntos críticos de su localidad?	0	1
23	¿Cuál es el grado promedio de escolaridad de su personal?	Preparatoria Universidad	Primaria Secundaria
Total			7

Rangos con respecto a la suma de respuesta	Capacidad de prevención y respuesta	Valor asignado según condición de vulnerabilidad	Calificación
De 0 a 3	Muy Alta	0	
De 3 a 6	Alta	0.25	6
De 7 a 9	Media	0.5	
De 10 a 12	Baja	0.75	
Más de 12	Muy baja	1	

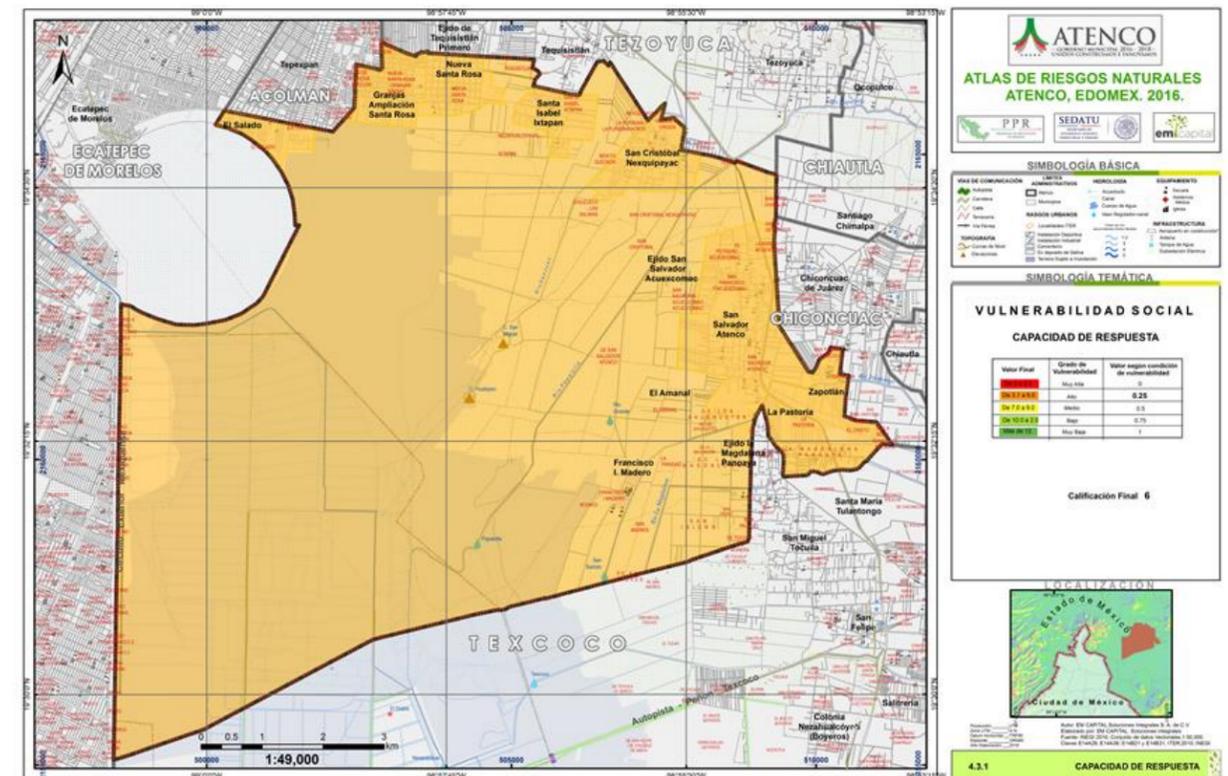


Figura 134. Mapa Capacidad de Respuesta



6.1.3. Percepción local del Riesgo.

El riesgo depender entre otras cosas de la percepción que de él se tenga, al ser este un producto conjunto de conocimiento y aceptación. Como explica Martín y Murgida (2004), más que sobre la base de las características físico-naturales y sociales propias del área, el riesgo se construye socialmente con base a la percepción de dicha situación y a su interpretación desde la óptica del grupo social (lo que implica controlarlo, reconstruirlo, resignificarlo y ejecutar acciones para enfrentarlo). es decir, el imaginario colectivo que tiene la población acerca de las amenazas que existen en su comunidad y de su grado de exposición frente a las mismas.

La percepción del riesgo es entonces un producto social y en sí misma una construcción cultural, en donde dependiendo del contexto se aceptan o no determinados riesgos. La percepción debe ser vista como un proceso multidimensional, es decir, “las informaciones son recibidas desde el mundo real y son percibidas en función de un proceso sociocultural en el que intervienen tanto los valores del individuo, su personalidad, sus experiencias pasadas, su grado de exposición al riesgo, así como su nivel social, económico y cultural (Chardon, 1997. Citando a Lecompte, 1995; Weinberg, 1995; p.5).

Es por esta razón que cuando se habla de la percepción del riesgo, se hace referencia a la misma como un producto socio-cultural complejo, que antes de ser un hecho aislado, es en su totalidad una variedad de la personalidad y de la conformación histórica de esta última en relación con un determinado contexto (Karam y Bustamante, s.f.).

El análisis de esta componente consta de un cuestionario que se aplicó a la gente de las diferentes localidades visitadas durante el trabajo de campo.

Tabla 72. Cedula Percepción Local del Riesgo

PERCEPCIÓN DEL RIESGO				
MUNICIPIO:	ATENCO	FECHA: 30-11-2016		
No.	PREGUNTA	VALORES		
		A	B	C
1	¿Cuántos tipos de peligros identificas en tu comunidad?	De 1 a 5 1pt	De 6 a 13 0.5pt	14 o más 0pt

2	¿Sabe si ha habido emergencias asociadas a estas amenazas en los últimos años?	Si 0pt	No 1pt	No se	1pt
3	¿Considera que un fenómeno natural se puede convertir en un desastre?	Si 0pt	No 1pt	No se	1pt
4	¿Considera que su vivienda está localizada en una zona susceptible al algún desastre?	Si 0pt	No 1pt	No se	1pt
5	¿A perdido algún bien por al algún desastre?	Si 0pt	No 1pt	No se	1pt
6	¿Si recuerda algún desastre los daños en su comunidad fueron?	Ninguna fatalidad, daños leves 0.25pt	Personas fallecidas, viviendas con daño total y a infraestructura 0.5pt	Personas fallecidas, daño en muchas viviendas y daño grave en infraestructura	1pt
7	¿Alguna vez ha quedado aislada su comunidad por el efecto de algún desastre?	Si 0pt	No 1pt	No se	1pt
8	¿Cree que su comunidad identifica sus peligros?	Si 0pt	No 1pt	No se	1pt
9	¿Conoce algún programa obra o institución que disminuya los efectos de algún desastre?	Si 0pt	No 1pt	No se	1pt



10	¿En las escuelas se enseñan temas acerca de las consecuencias que traen los fenómenos?	Si 0pt	No 1pt	No se	1pt
11	¿Ha habido campañas de información acerca de los peligros existentes?	Si 0pt	No 1pt	No se	1pt
12	¿Si hubo campañas, como se enteró?	No se enteró/no ha habido campañas 1pt	A través de medios impresos 0.5pt	A través de radio y televisión 0pt	
13	¿Ha participado en al algún simulacro?	Si 0pt	No 1pt	No se	1pt
14	¿Sabe a quién o a dónde acudir en caso de emergencia?	Si 0pt	No 1pt	No se	1pt
15	¿Sabe si en su comunidad hay sistemas de alerta para dar aviso por alguna emergencia?	Si 0pt	No 1pt	No se	1pt
16	¿En case de haber sido afectado por algún fenómeno, se e brinda apoyo o ayuda?	Si 0pt	No 1pt	No se	1pt
17	¿Ha sido evacuado alguna vez, a causa de algún fenómeno natural?	Si 0pt	No 1pt	No se	1pt
18	¿Cree que su comunidad está lista para afrontar alguna situación de desastre?	Si 0pt	No 1pt	No se	1pt
19	¿Existe en su localidad alguna organización que trabaje en la atención de desastres?	Si 0pt	No 1pt	No se	1pt

20	¿Conoce de la existencia de la Unidad de Protección Civil?	Si 0pt	No 1pt	No se	1pt
21	¿Sabe dónde está ubicada y que función tiene la unidad de Protección Civil?	Sé dónde se encuentra y sus funciones 0pt	No sé dónde se encuentra y no sé qué hace 1pt	Sé que hace, pero no sé dónde se encuentra 0.5pt	
22	¿Estaría preparado para algún otro desastre?	Si 0pt	No 1pt	No se	1pt
23	¿Considera que su comunidad está preparada y tiene información suficiente?	Si 0pt	No 1pt	No se	1pt
24	¿Cree que su Unidad de Protección Civil está preparada para afrontar algún desastre?	Mucho 0pt	Nada 1pt	Poco	0.5pt
25	¿Si supiera que su vivienda está en peligro, estaría dispuesto a reubicarse?	Si 0pt	No 1pt		

El análisis de esta componente da como resultado una percepción local del riesgo **MEDIA** con valores de oscilan entre los 7-9 correspondiéndose a un valor asignado de **0.5**

Tabla 73. Tabla de ponderación Percepción Local del Riesgo

Rangos con respecto a la suma de respuesta	Capacidad de prevención y respuesta	Valor asignado según condición de vulnerabilidad	Calificación
De 0 a 3	Muy Alta	0	
De 3 a 6	Alta	0.25	



De 7 a 9	Media	0.5	9
De 10 a 12	Baja	0.75	
Más de 12	Muy baja	1	

Los daños a la vivienda resultan ser, en algunos casos, uno de los principales parámetros para medir la magnitud de los desastres. Cuando el estado de una vivienda es precario, el número y la intensidad de los factores de riesgo que se presentan por diversos fenómenos resultan elevados y las amenazas a la salud de sus habitantes se elevan de igual manera.

La vulnerabilidad de una vivienda, en una de sus tantas facetas, se reflejará tanto en los materiales de construcción, como en los servicios básicos con los que cuenta o de los que carece. Para efectos de esta metodología se han tomado cinco indicadores que permitirán establecer el grado de vulnerabilidad de la población con respecto a la calidad de su vivienda (viviendas sin disponibilidad de luz eléctrica, viviendas sin disponibilidad de agua potable, viviendas sin disponibilidad de drenaje, porcentaje de viviendas con paredes de material de desecho y hacinamiento).

Tabla 74. Función de Vulnerabilidad física para el Municipio de Atenco, Estado de México

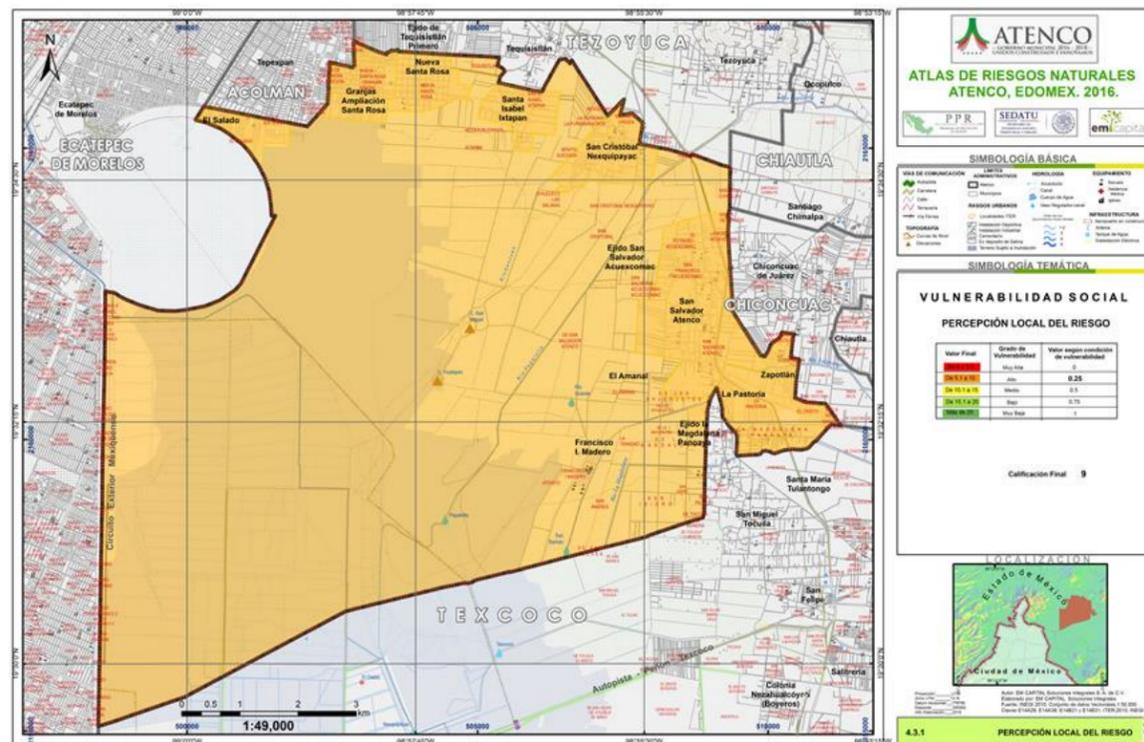


Figura 135. Mapa de percepción local del riesgo.

6.2. Vulnerabilidad física.

La vivienda es el principal elemento de conformación del espacio social, ya que es el lugar en donde se desarrolla la mayor parte de la vida.

La accesibilidad y las características de la vivienda determinan en gran medida la calidad de vida de la población. En relación con los desastres de origen natural, la vivienda es uno de los sectores que recibe mayores afectaciones.

Viviendas Sin Luz	Las viviendas predominantes sin electricidad pertenecen a la localidad urbana El Salado, un total de 25 viviendas.
	Los Hornos, El Presidio, tiene un total de 8 viviendas.
	La Localidad de Magdalena Panoaya tiene un total de 5 viviendas.
Viviendas Sin Drenaje	San Cristóbal Nexquipayac un total de 17 viviendas Sin Drenaje.
	La Magdalena Panoaya y El Salado 15 viviendas.
	San Salvador Acuexcomac, Fco I. Madero, 14 viviendas.
Viviendas Sin Agua Entubada	San Salvador Atenco, cabecera municipal 8 viviendas.
	La localidad rural de Zapotlán es la que cuenta con un mayor número de viviendas sin Agua Entubada, total 332



	La cabecera Municipal, San Salvador Atenco, cuenta con 19 viviendas en total sin Agua Entubada.
% de Viviendas para todo el municipio	% de viviendas con paredes de material de desecho y lámina de cartón. Total .66 % que es Muy Bajo
Hacinamiento (Promedio de ocupantes por cuarto)	Granjas Ampliación Sta. Rosa es la localidad con más hacinamiento, seguido de Los Hornos El Presidio.

Todos estos indicadores se refieren al número de viviendas que no cuentan con los servicios básicos (agua, luz y drenaje) ya que reflejarán una aproximación a la cantidad de viviendas que no cuenta con los satisfactores de necesidades básicas y de saneamiento de la población, lo cual incide directamente tanto en la comodidad, como en condiciones de salud de la población.

Aun cuando no es una regla, una gran cantidad del sector vivienda que no cuenta con servicios básicos pertenece al sector informal de la construcción, y se localiza en zonas altamente expuestas a peligros naturales, zonas de reserva ecológica o fuera de planes de desarrollo urbano, lo anterior las hace altamente vulnerables.

De acuerdo con CENAPRED, la vulnerabilidad física se refiere específicamente al daño físico de los sistemas expuestos, los que en la mayoría de los casos son construcciones u obras civiles edificadas por el hombre, ya sea para vivienda o infraestructura y que han sido afectadas en términos generales por algún parámetro de intensidad de peligro.

Para evaluar la vulnerabilidad física se pueden utilizar métodos cuantitativos que requieren el empleo de expresiones matemáticas llamadas funciones de vulnerabilidad, que relacionan las consecuencias probables de un fenómeno sobre una construcción, una obra de ingeniería, o un conjunto de bienes o sistemas expuestos con la intensidad del fenómeno que podría generarlas.

Así, por ejemplo, desde el punto de vista preventivo, en el caso de la vivienda es importante considerar en la función de vulnerabilidad ciertas cifras obtenidas de bases de datos oficiales que para los fines de este análisis se tomaron las cifras de acuerdo con el ITER INEGI 2010.

Por otra parte, se consideró un aspecto social de la población (hacinamiento).

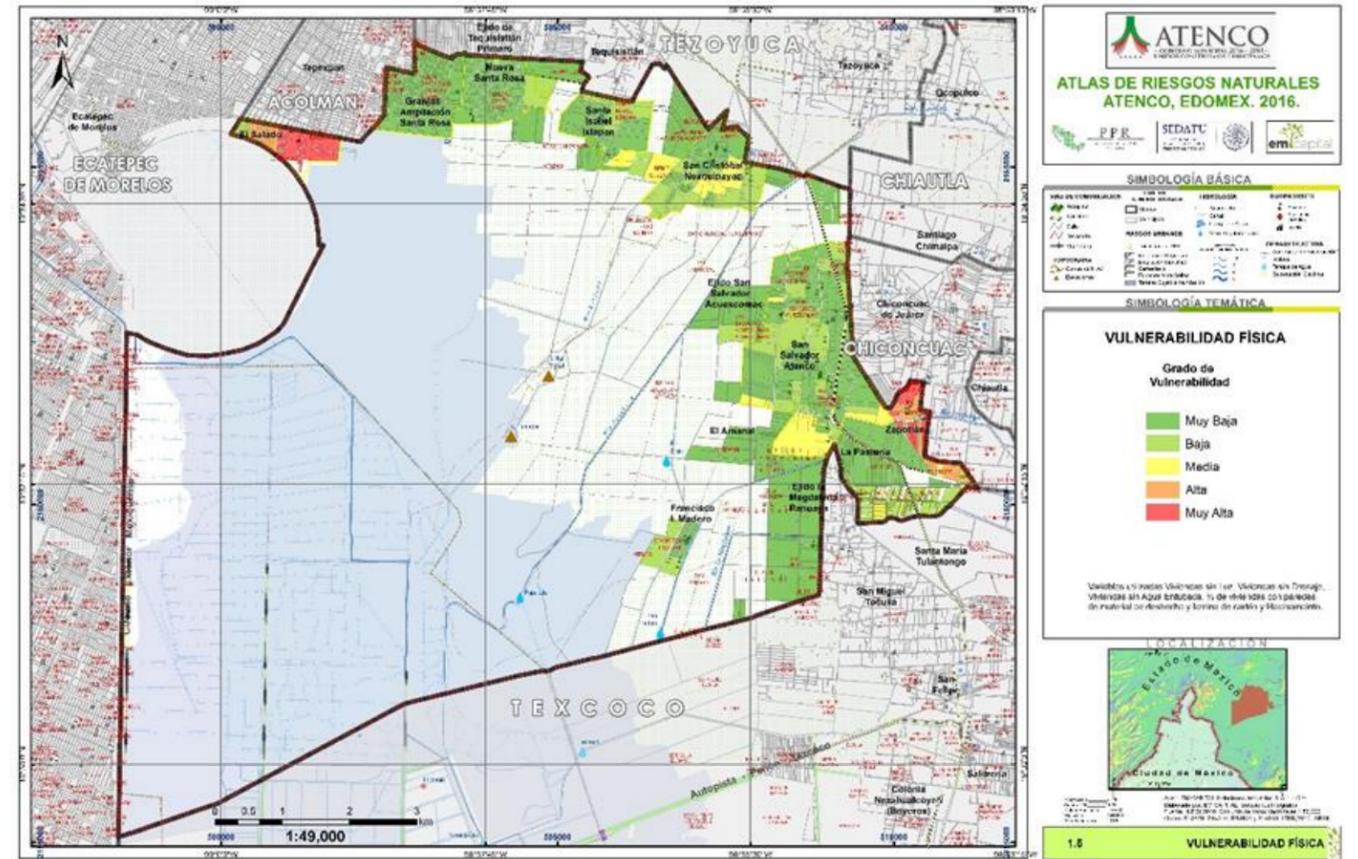


Figura 136. Mapa de Vulnerabilidad física.



FASE IV. RIESGO/ EXPOSICIÓN

Riesgo por Hundimiento.

Matriz de Riesgo por Hundimiento

PEL \ VUL	MA	A	M	B	MB
VUL					
MA	MA	MA	A	A	MB
A	MA	A	A	M	B
M	A	A	M	M	B
B	A	A	M	B	B
MB	M	MA	B	B	MB

Riesgo por Agrietamiento.

Matriz de Riesgo por Agrietamiento

PEL \ VUL	MA	A	M	B	MB
VUL					
MA	MA	MA	A	A	MB
A	MA	A	A	M	B
M	A	A	M	M	B
B	A	A	M	B	B
MB	M	MA	B	B	MB

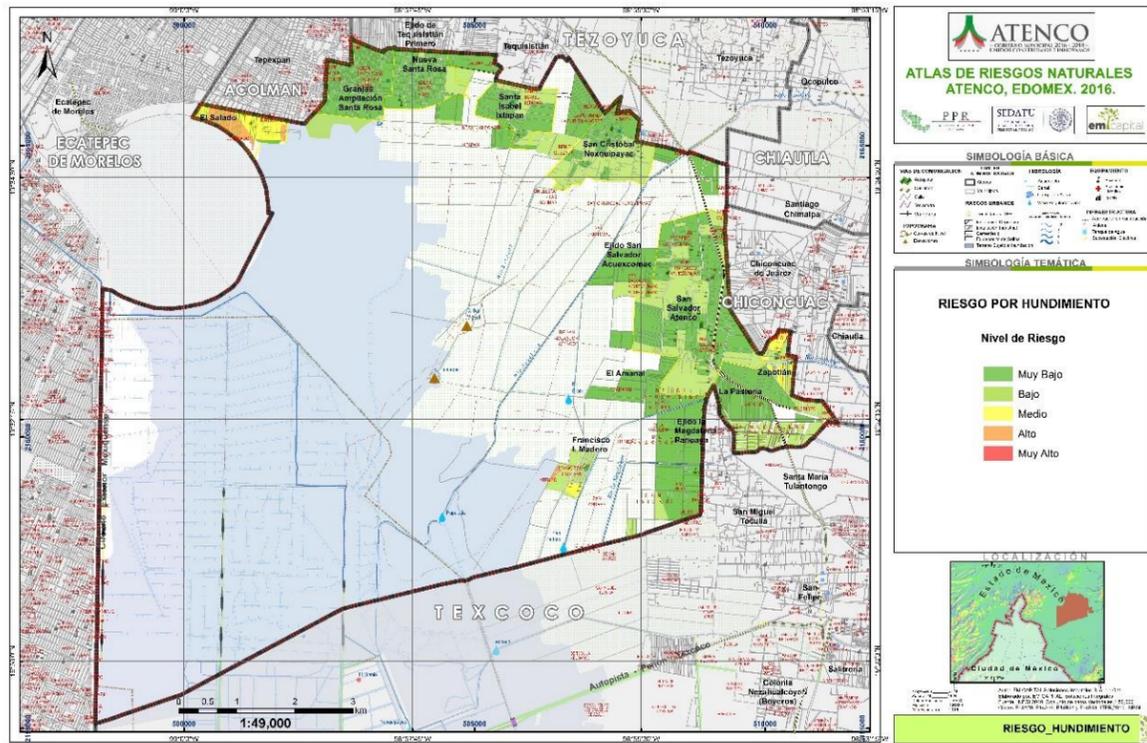


Figura 137. Mapa de riesgo por Hundimiento

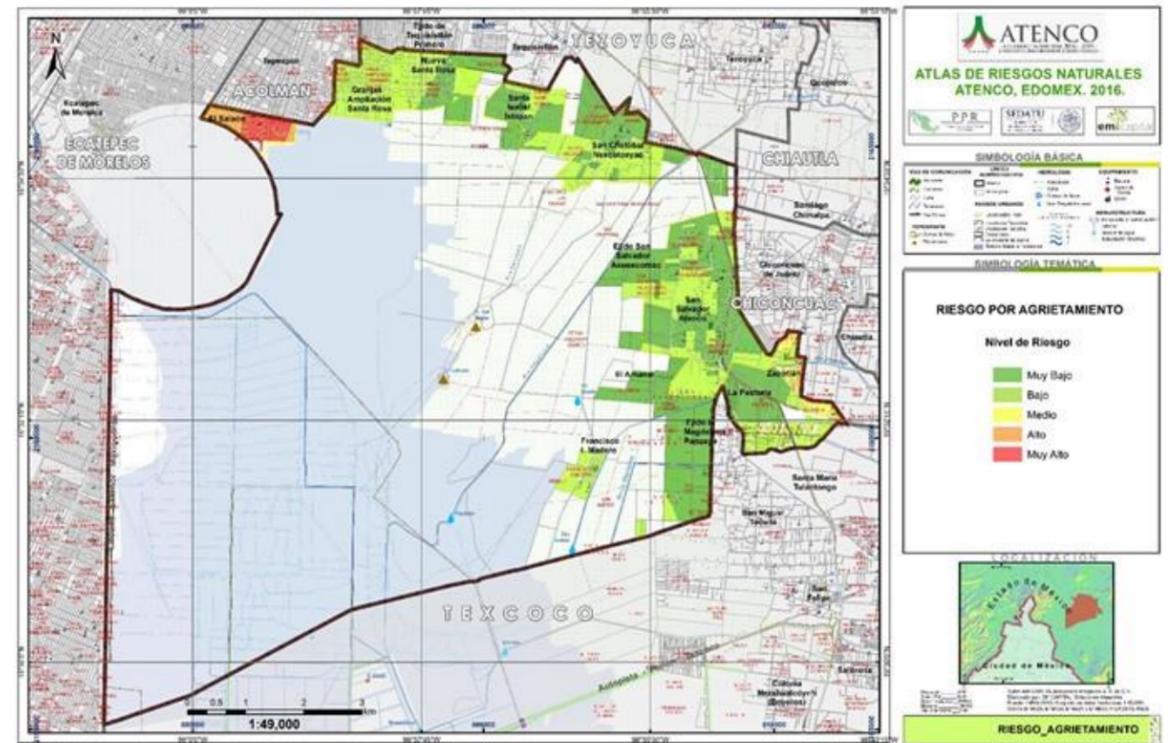


Figura 138. Mapa de riesgo por Agrietamiento



7.1. Estimación de pérdidas económicas.

La gestión de riesgo de desastre ha tenido mucho desarrollo en las últimas décadas y quizás el elemento más notorio de este argumento es que hemos pasado de evaluar de modo cualitativo el nivel de riesgo de cualquier sistema expuesto a cuantificar pérdidas esperadas dado cierto periodo de análisis.

En el presente apartado se hace el desarrollo de una metodología para estimar los daños en valores económicos, asociada con el valor del metro cuadrado (calidad de la vivienda) y el riesgo al que están expuestos ante la ocurrencia de fenómenos como el hundimientos y agrietamiento.

Para la estimación de pérdidas económicas por el fenómeno de hundimiento se identifican las siguientes premisas:

Se calcula el valor (costo) promedio por metro cuadrado de construcción con base a la clasificación y tipología de la vivienda del Estado de México para el 2015, publicada en la Gaceta del Estado de México el 28 de noviembre del 2014, con base en la siguiente tabla:

Tabla 75. Valores unitarios de construcciones para el Estado de México

CLASE	CATEGORÍA	UNIDAD	VALOR UNITARIO (\$)
Precaria	Baja	m ²	979
	Media	m ²	1,426
	Alta	m ²	1,952
Económica	Baja	m ²	2,858
	Media	m ²	3,469
	Alta	m ²	3,984
Interés Social	Baja	m ²	3,994
	Media	m ²	4,939
	Alta	m ²	5,456
Regular	Baja	m ²	5,689
	Media	m ²	6,184
	Alta	m ²	7,388
Buena	Baja	m ²	8,233
	Media	m ²	9,239
	Alta	m ²	10,654
Muy Buena	Baja	m ²	11,247
	Media	m ²	12,835
	Alta	m ²	14,928
Lujo	Baja	m ²	15,990
	Media	m ²	18,785
	Alta	m ²	21,249

Fuente Gaceta Oficial del estado de México de fecha 28 de noviembre del 2014

Una vez evaluada la tipología de viviendas y con base en las observaciones realizadas en las distintas campañas de trabajo de campo se determinó realizar una segunda reclasificación de la tipología de viviendas, conforme a la siguiente tabla, y se obtuvo el valor unitario por m² (producto del costo unitario por los metros cuadrados de construcción promedio por tipo de vivienda):

Tabla 76. Reclasificación de los tipos de vivienda

VALOR UNITARIO DE LAS VIVIENDAS SEGÚN TIPO DE VIVIENDA EN EL ESTADO DE MÉXICO (2015).			
	Viviendas Tipo 1 ALTO riesgo	Viviendas Tipo 2 MEDIO riesgo	Viviendas Tipo 3 BAJO Y MUY BAJO riesgo
Tipo de vivienda	Precarias y económicas de 20 m ² o menos	Interés Social y construcciones regulares de 60 m ² y hasta 79 m ²	Viviendas de buena muy buena calidad y lujo de más de 80 m ²
Costo Mínimo	979.00	3,994.00	8,233.00
Costo Máximo	3,984.00	7,388.00	21,249.00
Promedio	2,481.50	5,691.00	14,741.00
Valor promedio de la vivienda	49,630.00	341,460.00	1,179,280.00
Especificaciones de la vivienda	1 recamara 1 baño Cocina Comedor Sin servicios básicos	2 recamaras 1 baño Cocina Sala-comedor 1 espacio de estacionamiento Servicios básicos mínimos	3 recamaras 2 baños Cocina Sala Comedor 2 espacios de estacionamiento Servicios básicos

Fuente Elaboración EM Capital

Posteriormente se obtiene la estimación de pérdidas económicas para los polígonos clasificados con un riesgo medio y alto. Al obtener el valor unitario total de los tipos de vivienda, se multiplica por la cantidad de viviendas que se encuentran en zona de riesgo.

Figura 77. Estimación de pérdidas económicas por hundimiento, asumiendo daños del 100%

	No. de viviendas	No. de Manzanas	Pérdida económica total
Viviendas Tipo 1 ALTO riesgo	644	54	31,961,720.00
Viviendas Tipo 2 MEDIO riesgo	472	40	161,169,120.00
Total, de pérdidas	1,116	94	193,130,840.00



Tabla. Detalle de pérdidas económicas por localidad

Total, de viviendas riesgo alto	644	54 Manzanas	Total, de viviendas en riesgo medio	472	40 Manzanas
Localidad	Viviendas	Manzanas	Localidad	Viviendas	Manzanas
El Salado	632	52	El Salado	319	29
Fco. I. Madero	12	2	Zapotlán	148	9
			Fco. I. Madero	5	2

Para la estimación de **pérdidas económicas por el fenómeno de agrietamiento** se identifican las siguientes premisas:

Se calculó el valor (costo) promedio por metro cuadrado de construcción con base a la clasificación y tipología de la vivienda del Estado de México para el 2015, publicada en la Gaceta del Estado de México el 28 de noviembre del 2014, antes detallada.

Una vez evaluada la tipología de viviendas y con base en las observaciones realizadas en las distintas campañas de trabajo de campo se determinó realizar una segunda reclasificación de la tipología de viviendas, conforme a la siguiente tabla, y se obtuvo el valor unitario por m² (producto del consto unitario por los metros cuadrados de construcción promedio por tipo de vivienda):

Tabla 78. Reclasificación de los tipos de vivienda para el fenómeno de Agrietamiento

VALOR UNITARIO DE LAS VIVIENDAS SEGÚN TIPO DE VIVIENDA EN EL ESTADO DE MÉXICO (2015).			
	Viviendas Tipo 1 MUY ALTO riesgo	Viviendas Tipo 2 ALTO riesgo	Viviendas Tipo 3 MEDIO riesgo
Tipo de vivienda	Precarias y económicas de 20 m ² o menos	Interés Social y construcciones regulares de 60 m ² y hasta 79 m ²	Viviendas de buena muy buena calidad y lujo de más de 80 m ²
Costo Mínimo	979.00	3,994.00	8,233.00
Costo Máximo	3,984.00	7,388.00	21,249.00
Promedio	2,481.50	5,691.00	14,741.00
Valor promedio de la vivienda	49,630.00	341,460.00	1,179,280.00
Especificaciones de la vivienda	1 recamara 1 baño Cocina Comedor Sin servicios básicos	2 recamaras 1 baño Cocina Sala-comedor 1 espacio de estacionamiento	3 recamaras 2 baños Cocina Sala Comedor

		Servicios básicos mínimos	2 espacios de estacionamiento Servicios básicos
--	--	---------------------------	--

Fuente Elaboración EM Capital

Posteriormente se obtiene la estimación de pérdidas económicas para los polígonos clasificados con un riesgo medio, alto y muy alto. Al obtener el valor unitario total de los tipos de vivienda, se multiplica por la cantidad de viviendas que se encuentran en zona de riesgo.

Figura 79. Estimación de pérdidas económicas por agrietamiento, asumiendo daños del 100%

	No. de viviendas	No. de Manzanas	Pérdida económica total
Viviendas Tipo 1 MUY ALTO riesgo	289	17	14,343,070.00
Viviendas Tipo 2 ALTO riesgo	354	35	120,876,840.00
Viviendas Tipo 3 MEDIO riesgo	204	20	240,573,120.00
Total, de perdidas	847	72	375,793,030.00

De igual forma que en el hundimiento se debe considerar al agrietamiento como un fenómeno que provoca gradual y progresivamente daños a la vivienda por lo que se realiza un análisis de perdida en función del porcentaje de daño, tomando como base la clasificación de daños para edificios de mampostería de la Escala Macro sísmica europea, antes descrita.

Tabla 80. Valor unitario de las viviendas con base en el porcentaje de daño

	20%	40%	60%	80%	100%
Viviendas precarias y económicas de 20 m ² o menos	9,926.00	19,852.00	29,778.00	39,704.00	49,630.00
Viviendas de Interés Social y construcciones regulares de 60 m ² y hasta 79 m ²	68,292.00	136,584.00	204,876.00	273,168.00	341,460.00
Viviendas con construcción buen, muy buen y de lujo de más de 80 m ²	235,856.00	471,712.00	707,568.00	943,424.00	1,179,280.00

7.2. Estimación de infraestructura dañada.

Los daños por hundimiento y agrietamiento se estiman con base en el mapa de riesgo generado para cada uno de los fenómenos, se procedió a identificar el equipamiento e infraestructura que se encuentra sobre los polígonos con un riesgo muy alto, alto y medio.



Se obtuvieron datos del costo por metro cuadrado, categoría y tipo de construcción, con base en la tabla de valores unitarios de construcciones para el 2015 publicado en la Gaceta del Gobierno del Estado de México el día 28 de noviembre del 2014, y se promedió el costo para cada una de las clases.

Tabla 81. Valores unitarios de construcciones para el Estado de México

USO	CLASE	CATEGORÍA	UNIDAD	VALOR UNITARIO (\$)	COSTO PROMEDIO m ²
Equipamiento	Escuela	Baja	m ²	3,362	4,564
		Media	m ²	4,507	
		Alta	m ²	5,823	
	Iglesia	N/A	m ²	3,426	3,426
			m ²		
Especiales	Pavimento	Bajo	m ²	318	430.6
		Media	m ²	409	
		Alta	m ²	565	

Se procedió a identificar el número de inmuebles o equipamientos dañados y se contabilizaron como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 82. Número de inmuebles o equipamientos potencialmente dañados

CLASE	Muy Alto		Alto		Medio	
	No. de afectaciones	m ² promedio	No. de afectaciones	m ² promedio	No. de afectaciones	m ² promedio
Escuelas	1	-----	1	-----	5	-----
Iglesias	-----	-----	2	-----	2	-----
Pavimento	-----	320,143.5	-----	505,863.2	-----	840,700.2
Canchas	-----	-----	-----	-----	-----	843.4
				-		

Se estimó el costo para cada una de las clases. Para el caso de las escuelas se tomó como referencia el programa de Aulas móviles de la UNICEF y los datos del sistema Nacional de Información Municipal para estimar las dimensiones promedio de un salón de clases y el promedio de aulas por grado académico.

Tabla 83. Número de Centros Educativos potencialmente dañados

NIVEL EDUCATIVO	PROMEDIO DE AULAS POR GRADO	DIMENSIONES AULA PROMEDIO	m ² DE CONSTRUCCIÓN TOTAL	ESTIMADO DE PERDIDAS
Preescolar	6	48 m ²	288 m ²	1,314,432.00
Primaria	11		528 m ²	2,409,792.00
Secundaria	9		432 m ²	1,971,648.00
Bachillerato	8		384 m ²	1,752,576.00

Finalmente, el costo promedio para una escuela tipo se multiplica por el número de centros educativos dañados por alguno de los dos fenómenos geológicos (hundimiento y agrietamiento).

Tabla 84. Estimación de pérdidas económicas Centros Educativos

NIVEL EDUCATIVO	No. DE CENTROS EDUCATIVOS	ESTIMACION DE PERDIDAS \$
Preescolar	3	3,943,296.00
Primaria	3	7,229,376.00
Secundaria	1	1,171,648.00

En el caso de las iglesias ubicadas en zonas de potencial riesgo por la ocurrencia de ambos fenómenos, se tomó como base el acuerdo **ACDO IN3. HCT. 280312/82.P.DIR**, dictado por el H. Consejo técnico del IMSS, mediante el cual acuerda aprobar el aviso donde se dan a conocer los costos de mano de obra por metro cuadrado por los contratos regidos en la Ley de Obras Públicas y Servicios relacionados con las mismas del Instituto Mexicano del Seguro Social, documento en el que se estipula que un metro cuadrado de construcción para una iglesia tiene un costo de \$ 651.00.



Tabla 85. Número de inmuebles o equipamientos dañados Centros Religiosos

EQUIP.	UNIDADES CON DAÑO POTENCIAL	COSTO PROMEDIO m ² DE CONSTRUCCIÓN	SUPERFICIE DE CONSTRUCCION PROMEDIO m ²	COSTO TOTAL CONSTRUCCION	ESTIMADO DE PERDIDAS
Iglesia	4	651.00	142	92,442.00	369,768

Se identificó además que, una cancha deportiva se encuentra en zona de riesgo por lo que se procedió a estimar el costo en caso de daños con base en el listado de valores unitarios de construcciones para el 2015 publicado en la Gaceta del Gobierno del Estado de México el día 28 de noviembre del 2014.

Tabla 86. Valores unitarios de construcciones para el Estado de México

USO	CLASE	CATEGORÍA	UNIDAD	VALOR UNITARIO (\$)
Especiales	Cancha césped	Baja	m ²	76.00

La cancha afectada tiene una superficie de 843 m² por lo que el daño se estima según los datos de la siguiente tabla:

Tabla 87. Número de inmuebles o equipamientos dañados Espacios recreativos y de espacio

Superficie	Valor unitario (\$) m ²	Estimado de perdidas
843.00 m ²	76.00	64,098.40

Finalmente se estimó la superficie en metros cuadrados de pavimento potencialmente afectado por los fenómenos de hundimiento y agrietamiento, empleando una vez más el listado de valores unitarios de construcciones para el 2015 publicado en la Gaceta del Gobierno del Estado de México el día 28 de noviembre del 2014. Se procedió a promediar el costo unitario como se muestra a continuación.

Tabla 88. Número de inmuebles o equipamientos dañados Especiales

USO	CLASE	CATEGORÍA	UNIDAD	VALOR UNITARIO (\$)	COSTO PROMEDIO m ²
Especiales	Pavimento	Baja (asfalto o similar)	m ²	318	3,876.00
		Media (concreto)	m ²	409	
		Alta (especial similar)	m ²	565	

Para cada uno de los polígonos de Muy alto, alto y medio nivel de riesgo por hundimiento y agrietamiento se calculó la superficie potencialmente afectada por m²

Tabla 89. Superficie potencialmente afectada por m²

NIVEL DE RIESGO	SUPERFICIE POTENCIALMENTE AFECTADA m ²	COSTO PROMEDIO m ²	ESTIMACIÓN DE PERDIDA TOTAL
Muy Alto	320,143.50	3,876.00	1,240,876,206
Alto	505,863.22		1,960,725,840
Medio	840,700.26		3,258,554,207

7.3. Estimación del costo mínimo, máximo y probable.

Debemos considerar que la afectación a una vivienda por fenómeno de hundimiento se da de manera gradual y progresiva por lo que se presenta en la siguiente tabla una clasificación de daños para edificios de mampostería con base en la Escala Macro sísmica europea y el costo con base en el porcentaje de daño:

Tabla 90. Clasificación del daño a edificios mampostería. Tomado de la Escala Macro sísmica europea

Grado	Descripción	% de daño	Imagen
Grado1: Sin daños a daños leves (Sin daño estructural, daño no estructural leve)	Grietas muy delgadas en muy pocos muros. Caída de pequeños pedazos de enlucido o enfoscado. Caída de rocas sueltas desde la parte alta de edificios en muy pocos casos.	0-20%	
Grado2: Daños moderados (Daño estructural leve, daño no estructural moderado)	Grietas en muchos muros. Caída de pedazos grandes de guarnecido. Colapso parcial de chimeneas	21-40%	



Grado3: Daños sustanciales a severos (Daño estructural moderado, daño estructural a severo)	Grietas largas y extensa s en casi todos los muros. Caída de tejas. Fractura de las chimeneas en la línea del techo; fallo de los elementos individuales no estructurales (particiones, frontones)	41-60	
Grado4: Daños muy severos (Daño estructural severo, daño no estructural muy severo)	Fallo serio de los muros; fallo estructural parcial de techos y pisos	61-80%	
Grado5: Destrucción (daño estructural muy severo)	Colapso total o casi total	81 y mas	

Tabla 91. Valor unitario de las viviendas con base en el porcentaje de daño

	20%	40%	60%	80%	100%
Viviendas precarias y económicas de 20 m ² o menos	9,926.00	19,852.00	29,778.00	39,704.00	49,630.00
Viviendas de Interés Social y construcciones regulares de 60 m ² y hasta 79 m ²	68,292.00	136,584.00	204,876.00	273,168.00	341,460.00
Viviendas con construcción buen, muy buen y de lujo de más de 80 m ²	235,856.00	471,712.00	707,568.00	943,424.00	1,179,280.00

FASE V. PROPUESTAS DE ESTUDIOS, OBRAS Y ACCIONES

8. Propuestas de estudios, obras y acciones.

8.1. Planteamiento de propuestas.

Debido a que las medidas estructurales (construcción de obra civil) no representan una acción adecuada para la mitigación del riesgo por hundimiento y agrietamiento se ha propuesto para el municipio de Atenco una serie de acciones de tipo no estructurales, caracterizadas por emplear medidas administrativas y académicas o de investigación especializada que contribuyan en la caracterización del fenómeno y se sus evidencias.

- **Medidas no estructurales**

Buscan reducir la vulnerabilidad del sistema expuesto a través de medidas legislativas u organizativas que solas o en combinación con las medidas estructurales permiten mitigar el riesgo de una manera efectiva e integral.

- **Legislativas** se relacionan con la legislación y planificación e inciden sobres las causas de fondo, las presiones dinámicas y las condiciones de seguridad de los elementos expuestos. Por ejemplo: Elaboración e implementación de políticas, los Planes o Esquemas de Ordenamiento Territorial, planes de desarrollo, códigos de construcción, estímulos fiscales y financieros, promoción de seguros. Competen a los planificadores y requieren de voluntad política.
- **Organizativas** son aquellas que promueven la interacción directa con la comunidad. Se refieren a la organización para la reducción del riesgo y la atención de emergencias, el fortalecimiento institucional, la educación, la información pública y la participación. Competen a las autoridades ambientales y a la comunidad en general y requieren de su participación activa.
- **Académicas y de Investigación especializada** se relaciona con las acciones de investigación especializada en materia de suelos, ambiente, sociedad, etc., que den sustento a la toma de decisiones con fundamento en el método científico.

Para el fenómeno de Hundimiento

En el Municipio de Atenco, el Fenómeno de Hundimiento, no es un agente que perturbe la salvaguarda de los habitantes y sus bienes, puesto que la zona urbana se encuentra asentadas sobre zonas poco susceptibles a la ocurrencia del fenómeno. Sin embargo, es importante que se establezcan una serie de acciones no estructurales a desarrollar como medida preventiva.



En tal sentido y como una acción inicial, las autoridades municipales por conducto de sus direcciones y/o áreas competentes recaben, compilen y generen una base de datos de denuncias ciudadanas en materia de afectaciones a inmuebles por este fenómeno. Adicionalmente, será importante, establecer una red de monitoreo de los puntos que ya han sido identificados con afectaciones e incorporar los nuevos puntos reportados por la población.

Parte de las acciones iniciales están relacionadas con que el municipio, establece estrecha vinculación con el Grupo Aeroportuario responsable de la construcción del Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México con la finalidad de conocer y difundir los estudios realizados para dicho proyecto, ya que para la elaboración de estrategia y planeación urbano es indispensable que la administración municipal conozca el comportamiento del subsuelo que le permita realizar una adecuada toma de decisiones en materia de planeación territorial.

Grosso modo algunas medidas no estructurales a desarrollar son:

- Estudios de prospección de Mecánica de Suelos
- Exploración Geofísica, bajo el estudio de propiedades de gravedad, electricidad y velocidades de onda,
- Análisis de la litología del territorio.

Para el fenómeno de Agrietamiento

De igual forma que el hundimiento, el agrietamiento, no es un agente que represente un riesgo a considerar para el municipio puesto que el análisis de susceptibilidad muestra que en la zona este, donde se localiza la zona urbana, tiene un grado de riesgo de bajo y muy bajo.

Sin embargo, y debido a que se trata de un fenómeno progresivo es necesario que se ejerzan, además de las acciones no estructurales o acciones pasivas consideradas para el fenómeno de hundimiento, una serie de acciones activas (mitigación) en aquellas zonas con evidencia recabada a partir de levantamientos en campo, como:

- Rellenar con material areno-arcilloso la cavidad generada por la grieta
- Desarrollar un estudio específico de análisis de subsuelo mediante un análisis Geofísico, en zonas con recurrencia del fenómeno.
- Desarrolla un estudio de costo-beneficio para la reubicación del asentamiento

Los datos proporcionados por el Grupo Aeroportuario en materia de subsuelo, son una herramienta importante para que la autoridad competente desarrolle estrategias como el desarrollo de un plan de reubicación municipal.

8.2. Evaluación de propuestas.

La evaluación de las propuestas plateadas prioriza por un lado, la participación y comentario del grupo de servidores públicos municipales que participan en la elaboración del proyecto, y la generación de beneficios

e impactos a los tres órdenes de Gobierno, así como el plazo de ejecución y la prioridad de atención susceptibles de ser medidos y demostrados con indicadores de seguimiento y evaluación, con base en la siguiente tabla:

Tabla 91. Acciones propuestas

ACCIONES	PROPUESTA	ESCALA	PLAZO DE EJECUCIÓN	PRIORIDAD	CALIFICACIÓN	VIABILIDAD
Pasivas (0.7)	Legislativas (0.2)	Federal, Estatal, Municipal (0.4)	Largo (0.05)	Importante (0.1)	1.45	Media
	Organizativas (0.2)	Local y Municipal (0.25)	Mediano plazo (0.15)	Importante (0.1)	1.40	Media
	Académicas y de Investigación (0.3)	Local y Municipal (0.25)	Corto y Mediado en función de la escala de estudio (0.3)	Muy importante (0.3)	1.85	Muy Alta
Activas (0.3)	Correctivas (0.3)	Local (0.1)	Inmediato (0.5)	Urgente (0.5)	1.70	Alta

8.3. Conciliación de propuestas y priorización con Autoridades Locales.

Una vez determinados los resultados del análisis de peligros y riesgos del municipio, las autoridades cuentan con los elementos para avanzar en la gestión del riesgo, ya que podrán enfocar los recursos económicos y el esfuerzo humano, en aquellas zonas caracterizadas por una condición de alto riesgo.

Asimismo, las propuestas de mitigación aquí sugeridas plantean un esquema general, que debe generar estudios más detallados y particulares respecto a la obra de mitigación que se plantee en un lugar en específico.

Dada la problemática identificada en el territorio municipal, y tomando en cuenta el grado de incidencia que podríamos tener en la implementación de medidas de mitigación se decidió priorizar tres elementos:

- La vulnerabilidad de la localidad conocida como el Salado y Saladito ante la ocurrencia de inundaciones, hundimientos y agrietamientos, considerando el acelerado crecimiento urbano que la zona está presentando.



- Considerar el acelerado crecimiento que el municipio de Atenco tendrá a partir de la construcción del nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México, que sin duda vendrá a modificar de manera significativa la vulnerabilidad física y social dentro del territorio municipal.
- La protección de las zonas de riesgo por inundaciones ubicadas en las márgenes de los ríos Xalapango, La Magdalena y Papalotla.
- Intensificar y exigir de manera enérgica a las autoridades y responsables de la construcción del Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México, se realice una serie de estudios específicos, mismos que deberán ser de carácter público, sobre las condiciones y modificaciones del terreno.
- Generación de una base de datos que integre la información de las diferentes dependencias y los resultados obtenidos de los diferentes estudios específicos que en materia de suelos y como consecuencia de la construcción del nuevo aeropuerto se genere.
- Realizar un trabajo intensivo de sensibilización entre las autoridades de los tres órdenes de gobierno, así como en la población en general, respecto a que la construcción del aeropuerto, viene a modificar la radiografía que en materia de peligro y riesgo se tiene y obra en este documento, por lo que una actualización del Atlas de riesgos una vez finalizadas las obras es un elemento indispensable.

8.4. Plan de obras y acciones.

En apartados anteriores se mencionaron las propuestas para la prospección y análisis de cada fenómeno, por tanto, el plan de obras y acciones se delimita en función a una temporalidad de corto mediano y largo plazo, con fin de dar continuidad y no ser interrumpidos por las modificaciones administrativas del cabildo.

A continuación, se mencionan cada una de las acciones consideradas para la prospección de estos fenómenos, de acuerdo a plazos de ejecución, cabe resaltar que, dentro de estas acciones, se consideran medidas permanentes, a fin de obtener información histórica para estudios posteriores, con el objetivo de observar la evolución de los fenómenos.

Tabla 92. Plan de Obras y Acciones a Corto, Mediano y Largo Plazo

PLAZO DE EJECUCIÓN	ACCIONES A REALIZAR	OBSERVACIONES
Corto Plazo	<ul style="list-style-type: none"> • Estudios de Prospección Geofísica, mediante el análisis de propiedades gravimétricas, eléctricas y de onda sísmica • Estudios específicos de análisis estratigráfico mediante Registros de Pozos • Estudio específico de hidrología subterránea y superficial • Generación de bases de datos de bancos de nivel. • Análisis de columnas Estratigráficas • Estudio de Mecánica de suelos en pozos considerando el análisis de propiedades índice 	Estas acciones se consideran para su ejecución un plazo no mayor a 3 años.

	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de Bases de datos para evaluación del fenómeno • En caso de sitios con socavamientos relleno con material amortiguante y una adecuada consolidación de estos materiales • Relleno de grietas con material arcilloso. 	
Mediano Plazo	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de la Tasa de niveles de abatimiento de pozos • Estudio específico de hidrología subterránea y superficial • Estudios de prospección Geofísica y Geológica a nivel Municipal 	Estas acciones se consideran para su ejecución un plazo no mayor a 4 años
Acciones a Largo Plazo	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión y adecuación del Reglamento de Construcción para evitar sobrecarga del terreno y exigir la presentación de estudios previos en la materia 	Estas acciones se consideran para su ejecución un plazo no mayor a 6 años
Acciones permanentes	<ul style="list-style-type: none"> • Actualización de bases de datos de bancos de nivel. • Actualización de Bases de datos para evaluación del fenómeno en escalas mensual y anual • Monitoreo de afectaciones Sismológicas 	Estas acciones se consideran para su ejecución un plazo no fijo, ya que estas acciones permitirán el análisis de la evolución de los fenómenos.

8.6. Cuadro de estudios, obras y acciones.

Tabla 93. Propuesta de estudios para mitigar los peligros por hundimiento y Agrietamiento

FENÓMENOS/RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA, ESTUDIO O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES	COSTO MILLONES DE PESOS	POBLACIÓN BENEFICIADA
GEOLOGICOS						
Hundimiento	Municipio de Atenco	El hundimiento en el Municipio de Atenco, es propiciado por las diferencias en los niveles de abatimiento en el acuífero, sumado al proceso de subsidencia que se	Estudio de exploración Geofísica a nivel Municipal que considere la propiedad gravimétrica.		3.1	
			Estudio de exploración Geofísica a nivel Municipal que considere la		3.1	



	<p>presenta en la Cuenca del Valle de México.</p> <p>En Zonas Puntuales de la Zona Urbana, se considera que el hundimiento se debe a la mala compactación de los materiales al momento de realizar la construcción, causando el efecto de reacomodo mediante la consolidación de los materiales.</p>	propiedad eléctrica.			
		Estudio de exploración Geofísica a nivel Municipal que considere la propiedad de onda sísmica.		3.1	
		Estudios geológicos específicos de análisis litológico a partir de los registros de pozos.		1.5	
		Generación y actualización de bases de datos de bancos de nivel.		CNA	
		Registro de columnas estratigráficas de pozos.		CNA	
		Tasa de niveles de abatimiento de pozos		CNA	
		Estudio específico de hidrología subterránea y superficial		1.9	
		Revisión y adecuación del Reglamento de Construcción para evitar sobrecarga del terreno y exigir			Dirección de Obras Públicas del Estado de México

			la presentación de estudios previos en la materia			
			En caso de sitios con socavamientos relleno con material amortiguante y una adecuada consolidación de estos materiales		0.5 c/u	
Agrietamiento	Municipio de Atenco	<p>El Agrietamiento en Atenco, es causado principalmente por los efectos causados por la desecación del suelo en zonas agrícolas principalmente. En Zonas Urbanizadas se considera que el agrietamiento es debido al hundimiento local, en zonas cercanas a canales, con alta densidad de vegetación, y deformación del subsuelo.</p>	Estudios de prospección Geofísica y Geológica a nivel Municipal		3.1	
			Estudio de Mecánica de suelos en pozos considerando el análisis de propiedades índice (Clasificación en húmedo y seco, Contenido de agua, Límites de consistencia, líquido y Plástico, Análisis Granulométrico, Determinación del porcentaje de partículas retenidas en las mallas No. 4 y 200.y Muestras inalteradas de propiedades y		0.8 por pozo	



			de deformación , compresión Simple, Compresión Triaxial, _UU, Consolidación Unidimensional			
			Monitoreo de afectaciones Sismológicas			
			Generación de Bases de datos para evaluación del fenómeno			
			Relleno de grietas con material arcilloso			

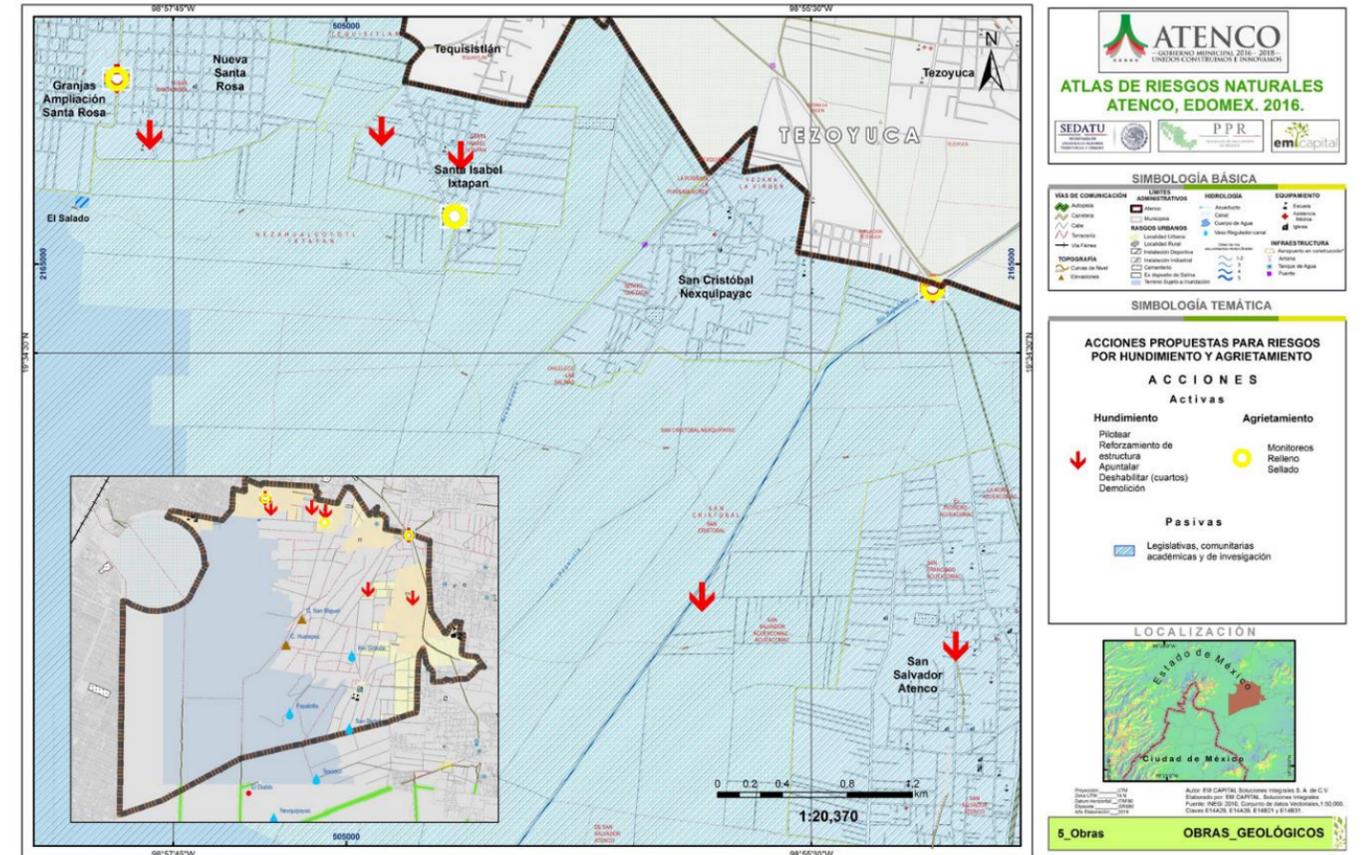


Figura 139. Mapa obras de mitigación para fenómenos geológicos.

- **Obras fenómenos hidrometeorológicos.**

Realizados los análisis de peligro, nos enfocamos en la parte de Inundación. Planteado lo anterior, y desarrollado el apartado de fenómenos hidrometeorológicos se manifiesta que el número de obras para la mitigación de los daños será pequeño, y más bien se orientan hacia acciones locales y no extensivas para derivar en un aumento su capacidad adaptativa ante la ocurrencia de eventos extremos. Derivados de los modelos de flujo se proponen el siguiente tipo de medidas.

- **Mantenimiento y consecuente ampliación de cauces**

La propuesta de mantenimiento y consecuente ampliación de cauces en la red hidrográfica del municipio de Atenco es un conjunto de obras de acondicionamiento y recuperación de la capacidad Hidráulica cuya finalidad principal es la de facilitar la circulación de las aguas superficiales para evitar los problemas por inundaciones en las crecidas ordinarias de los ríos. Incluyen:



- Poda selectiva, aclareo y entresaca de vegetación viva, al objeto de disminuir la rugosidad del cauce sin sacrificar las formaciones de vegetación de las margenes.
- Retiro de residuos urbanos.
- Eliminación y retirada de estructuras inservibles, que podrán ser transversales o longitudinales.
- Recuperación de zonas húmedas inundables.
- Plantaciones de vegetación autóctona, propias del municipio
- Eliminación de vegetación invasora.
- Acondicionamiento de márgenes, siempre que sea estrictamente necesario.
- Pequeños refuerzos estructurales.
- Movimiento de tierras y acarreo, restringidos al máximo ya que el caudal sólido de los ríos es tan importante como el líquido.
- Eliminación de depósitos de fangos y lodos en puntos de vertido, para evitar efectos acumulativos de la contaminación.
- Eliminación y retirada de vegetación muerta que forma tapones y puede obstruir obras de paso.

- **Sobrelevación de márgenes**

Debido a que este tipo de obras son costosas, se propone solo aplicarlas en ciertos puntos donde se necesitan acciones estructurales efectivas. Los muros longitudinales son estructuras colocadas en las márgenes de la corriente, generalmente de concreto o materiales graduados y que están enfocadas en aumentar la capacidad de conducción del flujo.



Figura 140. Obras y acciones para mitigar el fenómeno de inundación. Bordos longitudinales

Mencionados los tipos de intervenciones planteadas, se muestra el mapa de sitios propuestos.

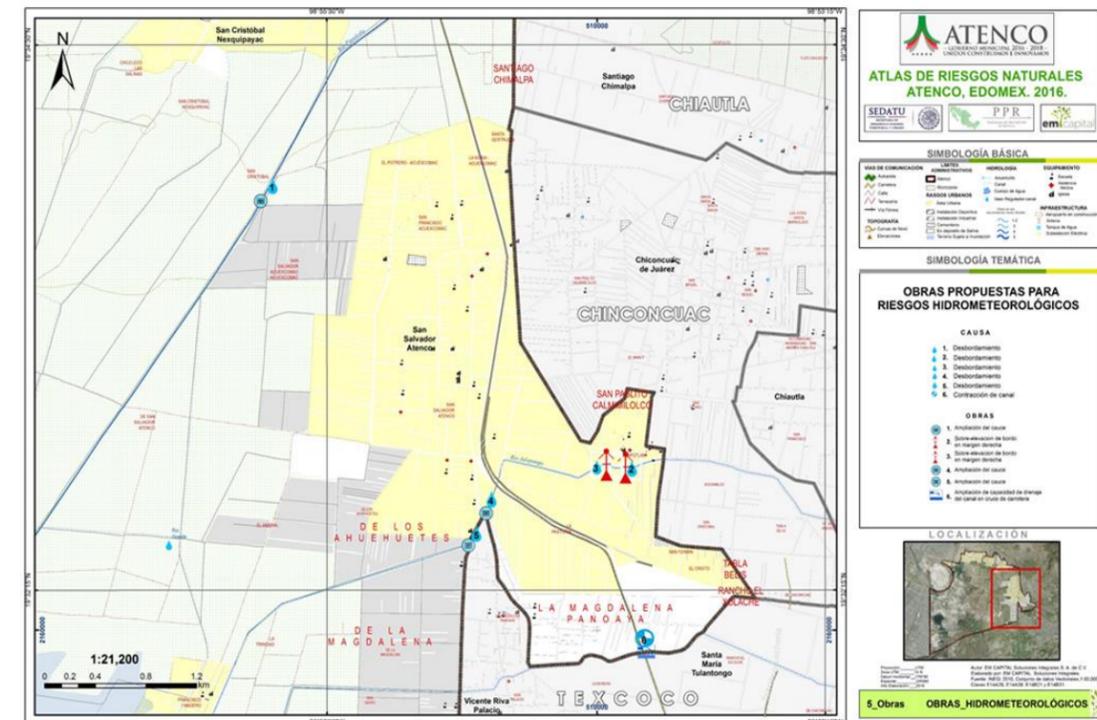


Figura 141. Mapa obras de mitigación para fenómenos hidrometeorológicos.



8.7. Escenarios de vulnerabilidad física y riesgo tras la construcción del nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

Debido a que la vulnerabilidad física y por consiguiente el riesgo representan una radiografía actual del momento en el que se desarrollaron los análisis del Atlas de Riesgos, y derivado de que el inicio de operaciones y conclusión de la construcción del nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) se estima para el 2018 y 2062 respectivamente, se procedió a desarrollar una metodología que permitiera analizar un escenario de vulnerabilidad y riesgo tras la construcción del nuevo aeropuerto.

Para el desarrollo del escenario se toma como base la información que, en materia de construcción, operación y desarrollo de obras de mitigación, se detalla en la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional para la construcción del nuevo AICM publicada en medios electrónicos por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

En este documento se detalla que el proyecto se ubicará en el estado de México, dentro de los municipios de Texcoco y Atenco, y será construido en un terreno de aproximadamente 4, 431.16 ha que se encuentra delimitado al norte por el depósito de evaporación solar "El Caracol", al sur por la Carretera Peñón Texcoco, al estar por tierras de cultivo, y al oeste por áreas urbanizadas de las delegaciones Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza y el municipio de Ecatepec de Morelos.

El proyecto estará conformado grosso modo por las siguientes componentes:

- Aeródromo (pistas, calles de rodaje, plataformas de la terminal, torre de control etc.)
- Terminal de pasajeros (transporte automatizado de personas y túneles)
- Accesos a zonas públicas y estacionamiento (conexiones a calles, vialidades, centro de transporte terrestre, estacionamiento)
- Aerotrópolis (estación de combustibles, planta de tratamiento de aguas, subestación eléctrica, red de transporte público, etc.)

Para el análisis del escenario de vulnerabilidad se empleó como base el mapa de vulnerabilidad física de las localidades urbanas, a esta capa, cartográficamente hablando, se le sobrepuso la poligonal del nuevo AICM con una cualidad de alta vulnerabilidad. Esta clase de vulnerabilidad obedece a que el AICM forma parte de un sistema expuesto de alta vulnerabilidad con base en el tipo de construcción y actividades que se desarrollaran en este predio. Por ejemplo, para evaluar la vulnerabilidad se pueden utilizar métodos cuantitativos que requieren el empleo de expresiones matemáticas llamadas funciones de vulnerabilidad, que relacionan las consecuencias probables de un fenómeno sobre una construcción, una obra de ingeniería, o un conjunto de bienes o sistemas expuestos con la intensidad del fenómeno que podría generarlas. Si se tratara de una obra civil, como por ejemplo de un Aeropuerto, las consecuencias se podrían medir en términos del servicio que dejaría de prestar tras los efectos de un desastre.

En el caso de construcciones destinadas al servicio, las consecuencias tendrían que calcularse, no solamente en términos del daño físico, sino también en términos de las pérdidas indirectas, es decir, aquellas que se derivan del mal funcionamiento de la construcción a consecuencia de los daños físicos.

Motivo por el cual, se debe realizar una clasificación de los sistemas expuestos, por ejemplo, de acuerdo a su sistema estructural un grupo de construcciones puede clasificarse como sigue:

- Tipo I. Casas para habitación unifamiliar, construidas con muros de mampostería simple o reforzada, adobe, madera o sistemas prefabricados.
- Tipo II. Edificios para vivienda, oficinas y escuelas, construidos con concreto reforzado, acero, mampostería reforzada o sistemas prefabricados.
- Tipo III. Construcciones especiales: teatros y auditorios, iglesias, naves industriales, construcciones antiguas.
- Tipo IV. Sistemas de gran extensión o con apoyos múltiples: puentes y obras de gran calado (ej. NAICM)
- Tipo V. Tuberías superficiales o enterradas.

El así que se configura el siguiente mapa de vulnerabilidad, en donde se detalla el polígono del aeropuerto como una zona con una alta vulnerabilidad física.

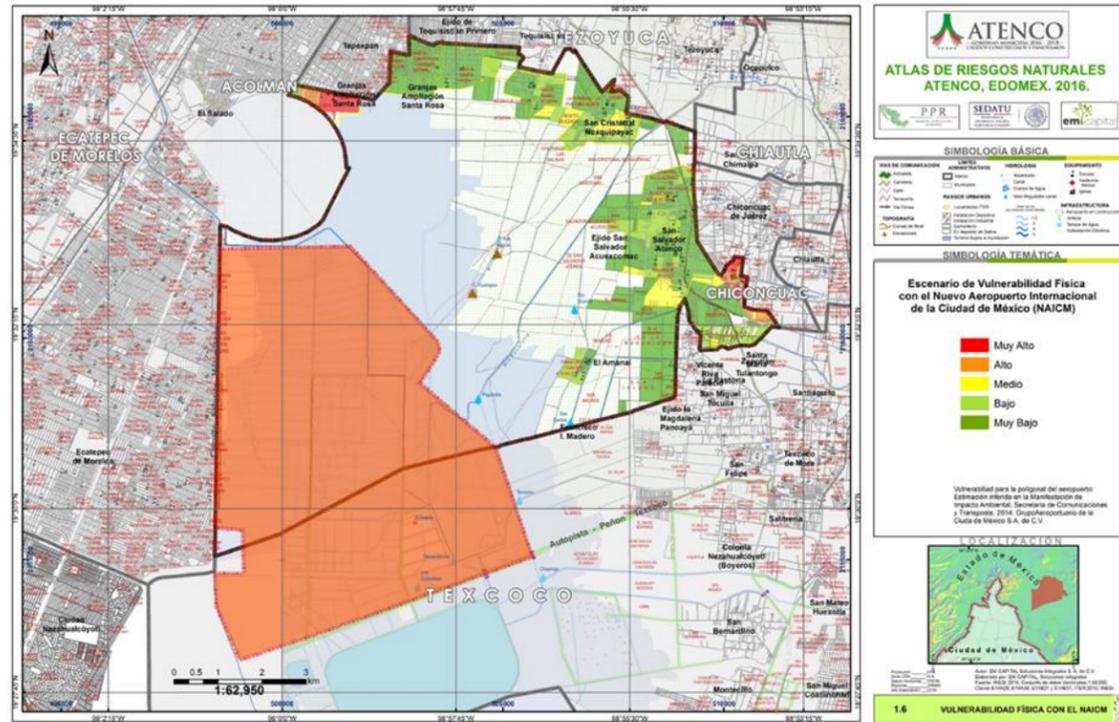


Figura 142. Escenario de vulnerabilidad física tras la construcción del AICM.

El proceso de análisis para la identificación del riesgo en el polígono del NAICM, se basa en la conjunción de los mapas de peligro por: sismicidad, fallas y fracturas, hundimientos e inundación, principales fenómenos naturales que tienen efectos sobre territorio municipal, y el escenario de vulnerabilidad física, dando como resultado la siguiente configuración de riesgo:

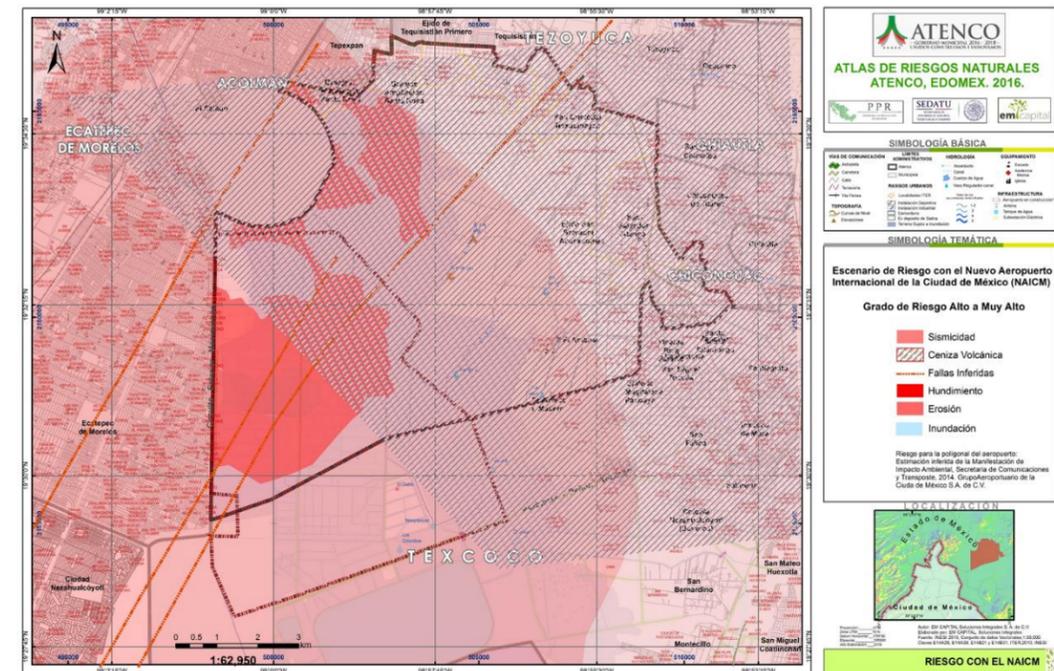


Figura 143. Escenario de Riesgo tras la construcción y operación del nuevo AICM.

A continuación, nos permitimos presentar algunas consideraciones, contenidas en la Mia del NAICM, respecto a la mitigación de los efectos de los cuatro fenómenos naturales de mayor importancia.

Como ya se ha mencionado con anterioridad, actualmente el sitio donde se desarrolla el proyecto de construcción del nuevo AICM, es considerado como una zona susceptible a inundaciones como se mencionó en el apartado correspondiente, sin embargo, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) actualmente ejecuta algunos proyectos hidráulicos que permitirán desviar los escurrimientos con incidencia en el polígono del AICM a zonas ajenas al proyecto por lo que, en un futuro cercano, este sitio no será más, un área con alto peligro a inundación. Estos proyectos de CONAGUA contemplan un incremento en la capacidad de regulación desde 13 millones de m3al año en 2018 previo al inicio de operaciones.

En materia de peligro sísmico y de acuerdo con los datos de la MIA el predio donde se desarrolla el NAICM se encuentra en una zona de intensidad alta, sin embargo, el Grupo Aeroportuario ha considerado que las estructuras planteadas para el proyecto tendrán las consideraciones necesarias para evitar afectaciones si llegara a ocurrir un evento de magnitudes de más de 7 grados en la escala de Richter



En cuanto a las fallas y fracturas se ha considerado el mapa elaborado por el Gobierno del Distrito Federal de Riesgos Geológicos de la Zona Metropolitana del Valle de México, en este se observa que existen dos fracturas, aunque son inferidas, los estudios y análisis realizados para la elaboración del mapa las marca con incidencia en el polígono del aeropuerto. Por lo que el Grupo Aeroportuario ha tenido a bien considerar este fenómeno en la construcción de la infraestructura del proyecto.

Finalmente, respecto a los hundimientos debemos mencionar que el Grupo Aeroportuario realizó un paquete de pruebas que ayudaran a tener certeza, respecto a los materiales adecuados para la construcción, haciendo la prueba con ocho diferentes escenarios para tomar la mejor elección y evitar en mayor medida los hundimientos a los que está expuesta la poligonal. Adicionalmente a esto, el Grupo Aeroportuario indica que el desarrollo del proyecto no tendrá influencia alguna sobre las causas directas del hundimiento, ya que el suministro de agua será a través de la red hidráulica municipal y en ningún momento se plantea la extracción de agua subterránea, sin embargo, dejan de lado la variable de la sobrecarga del terreno.

BIBLIOGRAFÍA

- Aceves-Quesada F., López-Blanco J. y Martín del Pozzo A.L., 2006. Determinación de peligros volcánicos aplicando técnicas de evaluación multicriterio y SIG en el área del Nevado de Toluca, centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 23, núm. 2, 2006, p. 113-124.
- Aguirre-Díaz G.J., and Carrasco-Hernández J., 1999. Erupciones asociadas a colapsos sectoriales dirigidos en el sector septentrional de la Sierra de las Cruces norte: Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana 1999, *Geos*, v. 19, p. 319.
- Aguirre-Díaz, G., López-Martínez, M., Rendón-Marquéz, G., 2006, La Caldera de La Catedral, Sierra de Las Cruces, una caldera al norponiente de la Ciudad de México (resumen), en Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana, Puerto Vallarta, Jal.: *Geos*, 26, p.215.
- Alaniz-Álvarez S., Nieto-Samaniego A.F., Ferrari L., 1998. Effects of strain rate in the distribution of monogenetic and polygenetic volcanism in the Trans-Mexican Volcanic Belt: *Geology*, 26, 591-594.
- Alcántara Garduño Martha e., González morán Tomás. Informe técnico, modelación de radios de afectación por explosiones en instalaciones de gas. Dirección de investigación, subdirección de riesgos químicos. CENAPRED, versión electrónica 2014.
- Alcántara-Ayala, I., 2000, Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología, *Investigaciones geográficas*, Instituto de Geografía, UNAM, Boletín num. 41, p. 7-25.
- Alcántara-Ayala, I., 2002, Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries, *Geomorphology*, num. 47, p. 107-124.
- Alcocer S., Aguilar G., Flores L., Bitrán D., Durán R., López O., Pacheco M., Reyes C., Uribe C., Mendoza M., 1999. El sismo de Tehuacán del 15 de julio de 1999. *Informes Técnicos*. CENAPRED, 185 pp.
- Aparicio, "Fundamentos de Hidrología de Superficie", Limusa, Noriega editores, Décima Reimpresión, 2001.
- Arcos Serrano Ma. Esther, Treviño Cecilia. Informe técnico, identificación de peligros por almacenamiento de sustancias químicas en industrias de alto riesgo en México. Dirección de investigación, subdirección de riesgos químicos. CENAPRED, versión electrónica 2014.
- Armando García-palomo, et. Al., (2008). *El Arreglo Morfoestructural de la sierra de las cruces, México central*.
- BOLETÍN DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA, "Geología e historia eruptiva de algunos de los grandes volcanes activos de México", Tomo LVII, núm. 3, 2005, p. 379-424.
- Boudal C., Robin C., 1989. Volcan Popocatepetl: recent eruptive history, and potential hazards and risks in future eruptions, en Latter, J.H. (ed.), *Volcanic Hazards*, IAVCEI Proceedings in Volcanology: Berlin, Springer Verlag, 1, 110-128.
- Blatter, D.L., Carmichael, I.S.E., 1998, Hornblende peridotite xenoliths from Central Mexico reveal the highly oxidized nature of subarc upper mantle: *Geology*, 26, 1035-1038.
- Bloomfield K. and Valastro S., 1977. Late Quaternary tephrochronology of Nevado de Toluca, Central Mexico. *Institute of Geological Sciences, Overseas Geology and Mineral Resources*, 46, 15.



Bloomfield K., Sánchez-Rubio G., Wilson L., 1977. Plinian eruptions of Nevado de Toluca volcano: *Geologische Rundschau*, 66, 120-146.

Bras R L, "Hydrology, an Introduction to Hydrologic Science", Addison – Wesley Publishing Company, 1990.

CENAPRED. Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos químicos. Primera edición, noviembre 2006.

CENAPRED. Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos químicos. Primera edición, noviembre 2006.

Centro Nacional de Prevención de Desastres, "Fascículo Tsunamis", agosto, 2005.

Centro Nacional de Prevención de Desastres, Serie Fascículo "Tormentas Eléctricas", 2014.

Chow, V T, "Handbook of applied hydrology", McGraw-Hill, New York, 1964.

Chow, V T, "Open-channel Hydraulics", McGraw-Hill, New York, 1959.

Comisión Nacional del Agua, Servicio Meteorológico Nacional, Índice Estandarizado de Precipitación (SPI), 2015.

Cruden, D. M., Varnes, D. J., 1996, Landslides types and processes, Chapter 3 in Landslides Investigation and mitigation, Transportation Research Board, National Research Council, Special report num. 247.

De la Cruz-Reyna, S., Quezada, J.L., Peña, C, Zepeda, O. y Sánchez, T., 1995. Historia de la actividad reciente del Popocatepetl (1354-1995). Volcán Popocatepetl: Estudios realizados durante la Crisis de 1994-1995. Centro Nacional de Prevención de Desastres. 3-22 p.

Demant, A., 1978, Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Instituto de Geología, UNAM, v. 2, num. 2, p. 172-187.

Dikau, R., Brunsdon, D., Schott, L., Ibsen, M. A., 1996, *Landslide recognition*, John Wiley and Sons, 250 p.

Eslava M H, "Programación y Aplicación del Hidrograma Unitario Instantáneo Geomorfológico", tesis de maestría, División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, UNAM, México 1997.

Fuentes de información: las secretarías de seguridad pública (federales, estatales o municipales, dependiendo de los alcances y de la zona de evaluación).

García Arróliga, Norang. 2006. Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos, evaluación de la vulnerabilidad física y social. Serie: atlas de riesgos. CENAPRED. 1ra edición, septiembre 2006.

García J. Fermín, "Cálculo de sedimentogramas sintéticos en laderas", Tesis de doctorado en preparación, DEPFI, UNAM, México 2003.

García J. Fermín, et. al., "Erosión en laderas", cuaderno de investigación no. 24, CENAPRED, México 1995.

Gracia S. Jesús, "Erosión", Fascículo No. 8, CENAPRED, México 1994. Kirkby, Morgan, "Erosión de suelos", LIMUSA, México 1984.

Gaziev, E., 2003, Análisis de la estabilidad de taludes rocosos, Series del Instituto de Ingeniería, Serie docencia, SD/43.

Herrera, S., 2002, Regionalización de los deslizamientos en México, Academia Mexicana de Ingeniería, México, 12 p.

Hubp Lugo, J., 1989. Diccionario geomorfológico. Instituto de Geografía. Coordinación de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.

Instituto Nacional de Ecología, El Cambio Climático y la Salud Humana, 2014.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Guía para la Interpretación Cartografía, Uso de Suelo y Vegetación Serie V, México, INEGI, c2014.

International Atomic Energy Agency (IAEA). Manual for the classification and prioritization of risks due to major accidents in process and related industries. Vienna, Austria, 1996.

International Atomic Energy Agency (IAEA). Manual for the Classification and Prioritization of risks due to major accidents in process and related industries. Vienna, Austria, 1996.

J.C. Carracedo, h. g. (2004). Análisis de Riesgo Volcánico Asociado al Flujo de lavas en Renerife (islas canarias): escenarios previsibles para una futura erupción en la isla. *Estudios geológicos*, 60, 63-93.

Kramer, s. I. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*. Washington, E.U.: Prentice- Hall International series.

Ledezma-Guerrero, O., 1987, Hoja Calpulalpan 14Q-h (3) con Resumen de la Geología de la Hoja Calpulalpan, Edos de México, Puebla, Tlaxcala e Hidalgo: México D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Carta Geológica de México, serie 1:100,000, 1 mapa con texto.

Lee, S., Chwae, U., Min, K., 2002, Landslide susceptibility by correlation between topography and geological structure: the Janghung area, Korea, *Geomorphology*, num. 46, p. 149-162.

Leroueil, S., Locat, J., Seve, G., Picarelli, L., Faure, M. R., 2001, Slopes and mass movements, *Geotechnical and geoenvironmental engineering handbook*, edited for R. Kerry Rowe, Kluwer Academic Publishers.

Lugo Hubp, J., 1989, Diccionario geomorfológico, Instituto de Geografía, UNAM, 337 p.

Martínez-Bringas A. y Gómez-Vázquez A., 2006. Evaluación de Peligros por Cenizas Volcánicas, en Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Geológicos. Centro Nacional de Prevención de Desastres. SEGOB, 165-185.

Martínez-Bringas A., Gómez-Vázquez A. y De la Cruz S., 2006. Elaboración de Mapas de Peligros Volcánicos, en Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Geológicos. Centro Nacional de Prevención de Desastres. SEGOB, 123-164.



Montalvo-Arrieta J. C., Reinoso-Angulo E., Sánchez-Sesma F. J., 2003. Observations of strong ground motion at hill sites in Mexico City from recent earthquakes. *Geofísica Internacional*, Vol. 42, Num.2, 205-217.

Montalvo-Arrieta J. C., 2002. La respuesta sísmica del terreno firme en la Ciudad de México observaciones y modelos. Universidad Nacional Autónoma de México Posgrado en Ciencias de la Tierra, tesis de doctorado.

Montufar, (2013). Riesgos Geológicos: vulcanismo. México: Instituto Politécnico Nacional.

Presentación de conferencia "siniestros en plantas de proceso", congreso nacional de protección civil, 2010. Ponente: Ing. Ramón Rodríguez Betancourt, expresidente del colegio nacional de ingenieros químicos.

Protección-España, d. g. (2004). Riesgo volcánico. Madrid: dirección general de protección civil y emergencias.

Revista mexicana de ciencias geológicas, 158-178. Desastres, c. n. (2008). Volcanes. México: centro nacional de prevención de desastres.

Rodríguez – Iturbe I. y Valdés J B, "The Geomorphologic Structure of the Hydrologic Response", *Water Resources Research*, Vol. 15, No. 6, 1979.

Salas S., M. A. y Jiménez E., M., "Obtención de Mapas de Precipitación con Duraciones de una Y 24 H y Tr = 5 Años Aplicados en la Protección Civil", XIII Congreso Nacional de Meteorología, Los Cabos, México, noviembre 2003.

SGM, (2005). Estudio de riesgos por hundimiento en la zona urbana y conurbada de la ciudad de Ameca, Jalisco. MEXICO

Springall G. R., "Hidrología, 1ra parte", Series del Instituto de Ingeniería, No. D-7, Abril 1970. Strahler, A N, "Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology", *Trans Am Geophys Union*. 38(6): 913 –920, 1957.

Suárez G. y Singh K., 1986. Tectonic interpretation of the TransMexican Volcanic Belt Discussion: *Tectonophys*, 127, 155-160.

Suárez-Díaz, J., 1998, Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales, Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Colombia, 548 p.

Valdés J B, Fiallo Y. y Rodríguez – Iturbe I, "A Rainfall – Runoff Analysis of the Geomorphologic IUH", *Water ResourCes Research*, Vol. 15, No. 6, 1979.

RED

Comisión Nacional de Población, CONAPO, Estimaciones y proyecciones de la población por Entidad Federativa, (http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos).

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, CONEVAL, (<http://www.coneval.org.mx/medicion/Paginas/PobrezalInicio.aspx>).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/microdatos/formato>

Secretaría del Trabajo y Previsión Social, (<http://www.stps.gob.mx>).

Servicio Sismológico Nacional, (<http://www.ssn.una.mx>).