

## INDICE

<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS.....</b>	<b>10</b>
<b>ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS .....</b>	<b>12</b>
<b>LISTA DE SIGLAS O ACRÓNIMOS UTILIZADOS.....</b>	<b>14</b>
<b>PRESENTACIÓN .....</b>	<b>15</b>
<b>DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CONTENIDO DEL ATLAS.....</b>	<b>16</b>
<b>EQUIPO DE TRABAJO PARA LA ELABORACIÓN DEL ATLAS.....</b>	<b>17</b>
<b>I. ANTECEDENTES .....</b>	<b>18</b>
1.1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES .....	18
1.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE RIESGOS POR MANIFESTACIONES DE FENÓMENOS NATURALES EN TUXTLA GUTIÉRREZ .....	20
1.2.1. <i>Situaciones de riesgos por sismos</i> .....	20
1.2.2. <i>Situaciones de riesgos por inundaciones</i> .....	22
1.3. FUENTES DOCUMENTALES DE EVIDENCIAS DE DESASTRES EN TUXTLA GUTIÉRREZ .....	27
1.4. BREVE RESEÑA HISTÓRICA DEL PROCESO DE OCUPACIÓN DE LAS ÁREAS DE RIESGO DE TUXTLA GUTIÉRREZ .....	28
1.5. ANTERIORES ATLAS DE RIESGOS .....	29
1.6. LEYES Y FUNDAMENTOS JURÍDICOS.....	29
<b>II. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>38</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	38
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	38
2.3 ESTRUCTURA METODOLÓGICA GENERAL.....	39
2.3.1. <i>Integración de la base geográfica digital</i> .....	40
2.3.2. <i>Diccionarios de datos</i> .....	41
2.3.3. <i>Metadatos</i> .....	41
<b>III. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>43</b>
3.1. LOCALIZACIÓN.....	43
3.2. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS MUNICIPALES .....	43
<b>IV. CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS DEL MEDIO NATURAL.....</b>	<b>46</b>
4.1. GEOLOGÍA .....	46
4.2. FISIOGRAFÍA .....	48
4.3. GEOMORFOLOGÍA.....	49

4.4. EDAFOLOGÍA.....	54
4.5. CLIMATOLOGÍA.....	57
4.6. HIDROLOGÍA.....	59
4.6.1. <i>Distribución</i> .....	59
4.6.2. <i>Hidrografía</i> .....	59
4.7. USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN.....	61
4.8. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS (ANP).....	61
4.8.1. <i>Cavidades subterráneas, grutas y cuevas en el municipio</i> .....	63
4.9. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.....	67
<b>V. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS SOCIALES, ECONOMICOS Y DEMOGRAFICOS.....</b>	<b>68</b>
5.1. ELEMENTOS SOCIALES.....	68
5.1.1. <i>Vivienda</i> .....	68
5.1.2. <i>Salud</i> .....	69
5.1.3. <i>Educación</i> .....	69
5.1.4. <i>Indicadores estratégicos</i> .....	70
5.2. ELEMENTOS ECONÓMICOS.....	70
5.2.1. <i>Población económicamente activa (PEA)</i> .....	70
5.2.2. <i>Principales actividades económicas del municipio</i> .....	71
5.2.3. <i>Infraestructura urbana, equipamiento y servicios</i> .....	72
5.3. ELEMENTOS DEMOGRÁFICOS.....	73
5.3.1. <i>Población total</i> .....	73
5.3.2. <i>Tasa media anual de crecimiento</i> .....	73
5.3.3. <i>Población por grupos de edad y sexo</i> .....	74
5.3.4. <i>Tasa de dependencia económica</i> .....	75
5.3.5. <i>Densidad de población</i> .....	75
5.3.6. <i>Tasa de fecundidad, natalidad y mortalidad</i> .....	76
5.3.7. <i>Porcentaje de población urbana y rural</i> .....	76
5.3.8. <i>Principales características de los hogares</i> .....	76
5.3.9. <i>Grado de Marginación</i> .....	77
5.3.10. <i>Migración nacional e internacional</i> .....	78
5.3.11. <i>Población hablante de lengua indígena</i> .....	78
<b>VI. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS ANTE FENÓMENOS PERTURBADORES DE ORIGEN NATURAL.....</b>	<b>79</b>
6.1. FENÓMENOS GEOLÓGICOS.....	80
6.1.1. <i>Fallas (método y evidencias)</i> .....	80
6.1.2. <i>Sismos</i> .....	88
6.1.3. <i>Caracterización sociodemográfica y económica del área de influencia de la zona de estudio por amenaza sísmica alta</i> .....	109

6.1.4. Construcción histórica de la vulnerabilidad sísmica en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas .....	111
6.1.4.1. Antecedentes históricos de la construcción de vivienda en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.....	113
6.1.4.2. Antecedentes de la normativa de construcción en Chiapas.....	115
6.1.4.3. Características mecánicas de los materiales constructivos empleados en Tuxtla Gutiérrez .....	116
6.1.4.4. Identificación de los sistemas constructivos empleados en Tuxtla Gutiérrez.....	119
6.1.5. Tsunamis o maremotos.....	122
6.1.6. Vulcanismo.....	122
6.1.7. Deslizamientos.....	126
6.1.8. Derrumbes.....	132
6.1.9. Flujos.....	133
6.1.10. Resultados del análisis morfométrico.....	138
6.1.11. Hundimientos.....	138
6.1.12. Erosión .....	143
6.2. FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS .....	149
6.2.1. Sistemas Tropicales.....	150
6.2.2. Sistemas tropicales. Ondas tropicales.....	152
6.2.3. Masas de aire. Nevadas.....	153
6.2.4. Masas de aire y frentes. Nevadas.....	153
6.2.5. Tormentas eléctricas .....	153
6.2.6. Sequías.....	154
6.2.7. Temperaturas máximas extremas.....	158
6.2.8. Vientos .....	160
6.2.9. Inundaciones.....	162
6.2.10. Caracterización sociodemográfica del área de influencia del río Sabinal en riesgo por inundación.....	174
6.2.11. Síntesis de peligros hidrometeorológicos.....	177
<b>VII. SÍNTESIS DEL GRADO VULNERABILIDAD POR FENÓMENOS PERTURBADORES EN EL MUNICIPIO DE TUXTLA GUTIERREZ.....</b>	<b>178</b>
7.1 METODOLOGÍA DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SOCIAL POR COLONIA.....	178
7.1.1. Vulnerabilidad física.....	179
7.1.2. Vulnerabilidad demográfica .....	180
7.1.3. Vulnerabilidad socioeconómica .....	181
7.1.4. Vulnerabilidad global .....	181
<b>VIII. SÍNTESIS DEL GRADO DE RIESGO POR FENÓMENOS PERTURBADORES EN EL MUNICIPIO DE TUXTLA GUTIERREZ.....</b>	<b>183</b>
8.1 METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL NIVEL DE RIESGO POR FENÓMENOS GEOLÓGICOS E HIDROMETEOROLÓGICOS EN TUXTLA GUTIERREZ.....	183
<b>IX. SÍNTESIS DEL GRADO O NIVEL DE RIESGO, PELIGRO Y VULNERABILIDAD POR FENÓMENOS PERTURBADORES EN EL MUNICIPIO DE TUXTLA GUTIERREZ.....</b>	<b>187</b>

9.1 FENÓMENOS GEOLÓGICOS.....	187
9.1.1. Vulcanismo.....	187
9.1.2. Sismos.....	187
9.1.3. Fallas y fracturas.....	188
9.1.4. Deslizamiento.....	188
9.1.5. Derrumbes.....	188
9.1.6. Flujos.....	189
9.1.7. Hundimientos.....	189
9.1.8. Erosión.....	189
9.1.9. Erosión Kárstica.....	190
9.2. FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS .....	190
<b>X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>192</b>
RECOMENDACIONES.....	193
PELIGROS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS POR FENÓMENOS GEOLÓGICOS .....	193
PELIGROS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS POR FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS .....	195
<b>XI. GLOSARIO .....</b>	<b>201</b>
<b>XII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>206</b>
<b>XIII. ANEXOS .....</b>	<b>221</b>
13.1. COLONIAS ENCUESTADAS.....	221
13.2. CUESTIONARIO SOBRE PERCEPCIÓN DE RIESGO .....	222
13.3. SITUACIONES DE RIESGO QUE AFECTARON A LA CIUDAD DE TUXTLA GUTIÉRREZ EN 2008, 2009 Y 2010.....	229
13.4. GRADOS DE VULNERABILIDAD, ESCALA SAFFIR-SIMPSON .....	238
13.5. ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS.....	239
13.6. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA SEQUÍA.....	241
13.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRECIPITACIÓN PARA LOS PERIODOS DE RETORNO DE 2, 10, 50, 100 Y 200 AÑOS.....	246
13.8. TEMPERATURAS PROMEDIO MENSUALES Y ANUALES DE LAS ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS UTILIZADAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE TEMPERATURA .....	254
13.9. VULNERABILIDAD SOCIAL (ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS) .....	255
METODOLOGÍA .....	256
RESULTADOS.....	256
RESULTADOS GENERALES ESTILO DE AFRONTAMIENTO .....	256
RESULTADOS POR ZONA DE ESTILO DE AFRONTAMIENTO .....	259
RESULTADOS GENERALES PERCEPCIÓN DE RIESGO.....	260

### ÍNDICE DE FIGURAS<sup>1</sup>

Figura 1. Principales afluentes del río Sabinal.....	18
Figura 2. Esquema de las variables que intervienen en el cálculo del riesgo. ....	20
Figura 3. Periodo de retorno de sismos fuertes en el estado de Chiapas.....	21
Figura 4. Ajuste lineal del decremento del periodo de retorno de las inundaciones en Tuxtla Gutiérrez, desde la de 1921 y hasta la de 2011 (modificado de González, 2009).....	27
Figura 5. Crecimiento de Tuxtla Gutiérrez a partir de 1984 y proyecciones al 2020. Fuente: H. Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez, 2007.....	28
Figura 6. Zonas donde se aplicaron las encuestas.....	40
Figura 7. Estado de Chiapas.....	43
Figura 8. Municipio de Tuxtla Gutiérrez. ....	43
Figura 9. Áreas Naturales Protegidas en el Municipio de Tuxtla Gutiérrez. Fuente: INEGI 2005.....	44
Figura 10. Mapa base del municipio y ciudad de Tuxtla Gutiérrez.....	45
Figura 11. Mapa geológico del municipio de Tuxtla Gutiérrez. ....	48
Figura 12. Elementos orográficos del municipio de Tuxtla Gutiérrez.....	48
Figura 13. Orografía del municipio de Tuxtla Gutiérrez.....	49
Figura 14. Morfológico y morfométrico.....	49
Figura 15. Mapa geomorfológico del municipio de Tuxtla Gutiérrez.....	50
Figura 16. Mapa de pendientes del municipio de Tuxtla Gutiérrez.....	50
Figura 17. Disección vertical en el municipio de Tuxtla Gutiérrez.....	50
Figura 18. Edafología en el municipio de Tuxtla Gutiérrez.....	56
Figura 19. Principales características climáticas del municipio.....	57
Figura 20. Temperaturas promedio en la cuenca del río Sabinal.....	58
Figura 21. Precipitación media mensual en la cuenca del río Sabinal.....	59
Figura 22. Cuenca del río Sabinal.....	59
Figura 23. Hidrología del municipio. Fuente: INEGI, 2005.....	60
Figura 24. Vegetación y usos de suelo del municipio.....	61
Figura 25. Asentamientos irregulares en el Parque Nacional Cañón del Sumidero. Fuente: Conanp, 2010.....	63

<sup>1</sup> La cartografía elaborada en el presente Atlas, se realizó de acuerdo a los términos de referencia, con sus diccionarios de datos y metadatos, los cuales se entregan en el informe final como un anexo en formato digital y los mapas impresos en tamaño 111 x 70 cm. En este documento se insertan como figuras sólo como referencia. Para mayor detalle consultar los mapas impresos.

Figura 26. Propuesta de ampliación de la Reserva Estatal Cerro Mactumatzá. Fuente: Semavi, 2010.....	63
Figura 27. Localización de cuevas al norte de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.....	66
Figura 28. Tasa de crecimiento de viviendas en Tuxtla Gutiérrez.....	68
Figura 29. Viviendas particulares habitadas con piso de tierra.....	69
Figura 30. Niveles de instrucción de la población de 15 años y más.....	70
Figura 31. Ocupación por sector de actividad.....	71
Figura 32. Vehículos de motor registrados en circulación.....	72
Figura 33. Sucursales bancarias en Tuxtla Gutiérrez.....	73
Figura 34. Tasa de crecimiento de la población de Tuxtla Gutiérrez 1970-2010.....	74
Figura 35. Tasa de crecimiento municipal en el municipio de Tuxtla Gutiérrez. Fuente: INEGI, 2005.....	74
Figura 36. Pirámide poblacional por grupos quinquenales de edad en Tuxtla Gutiérrez.....	75
Figura 37. Densidad de población en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez por Ageb. Fuente INEGI, 2005.....	76
Figura 38. Densidad de población en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez por manzana. Fuente: INEGI, 2005.....	76
Figura 39. Grado de marginación en el municipio de Tuxtla Gutiérrez. Fuente: INEGI, 2005.....	78
Figura 40. Principales fallas geológicas del estado de Chiapas (adaptado de Ramos, 2010).....	82
Figura 41. Mapa de fallas geológicas en Tuxtla Gutiérrez.....	82
Figura 42. Mapa de peligros por fenómenos de fractura en Tuxtla Gutiérrez.....	84
Figura 43. Placas tectónicas y sus correspondientes desplazamientos y velocidades relativas (Cenapred, 2006).....	88
Figura 44. Profundidad y distancia donde se presentan los sismos profundos de subducción en la costa de Chiapas (Barrier et al. 1998).....	89
Figura 45. Sismos con magnitud mayor a 7 ocurridos en el siglo XX en la República Mexicana y su frontera con Guatemala (Cenapred, 2006).....	90
Figura 46. Mapa de intensidades sísmicas (Figuroa, 1986).....	91
Figura 47. Daños históricos por sismos en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (González et al., 2011b).....	93
Figura 48. Ubicación de los embovedados siguiendo la trayectoria de las líneas verdes.....	94
Figura 49. Agrupaciones sísmicas en Chiapas considerando datos del SSN (González et al., 2011c).....	95
Figura 50. Agrupaciones sísmicas en Tuxtla Gutiérrez, con datos del SSN (González et al., 2011b).....	95
Figura 51. Frecuencia de los sismos en la región considerando datos del SSN (González, 2010).....	96
Figura 52. Energía liberada de los sismos en la región considerando datos del SSN (González, 2010).....	96
Figura 53. Profundidad media de los sismos en la región considerando datos del SSN (González, 2010).....	96
Figura 54. Regionalización sísmica de México del MOC-CFE-1993 (Cenapred, 2006).....	97
Figura 55. Regionalización sísmica de Chiapas y del municipio de Tuxtla Gutiérrez considerando el MOC-CFE-1993.....	98

Figura 56. Análisis del peligro sísmico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, empleando el software PRODISIS ver 2.0 del MOC-CFE-2008. .... 99

Figura 57. Mapa de valores de aceleración máxima asociados a un periodo de retorno de 10 años (34 gals), PSM, 2004. .... 99

Figura 58. Mapa de valores de aceleración máxima asociados a un periodo de retorno de 100 años (81 gals), PSM, 2004. .... 99

Figura 59. Mapa de valores de aceleración máxima asociados a un periodo de retorno de 500 años (135 gals), PSM, 2004. .... 100

Figura 60. Mapa de aceleración sísmica asociados a un periodo de retorno de 10 años para Tuxtla Gutiérrez, PSM, 2004 y CRISIS, 2007. .... 100

Figura 61. Mapa de aceleración sísmica asociados a un periodo de retorno de 100 años para Tuxtla Gutiérrez, PSM, 2004 y CRISIS, 2007. .... 101

Figura 62. Mapa de aceleración sísmica asociados a un periodo de retorno de 500 años para Tuxtla Gutiérrez, PSM, 2004 y CRISIS, 2007. .... 101

Figura 63. Mapa de periodos de retorno para aceleraciones de 0.15% de gravedad o mayores (MOC-CFE-2008). .... 102

Figura 64. Mapa de periodos de repetición para aceleraciones de 0.15% de gravedad o mayores en Chiapas. .... 102

Figura 65. Regionalización sísmica de la República Mexicana y parámetros para el espectro de diseño de estructuras del grupo B, (MOC-CFE-1993). .... 103

Figura 66. Zonificación de suelos propuesta para Tuxtla Gutiérrez. .... 104

Figura 67. Zonificación geotécnica propuesta para Tuxtla Gutiérrez, (Ordoñez, 2008). .... 104

Figura 68. Espectros de diseño el rango del periodo de los sistemas constructivos locales para el municipio de Tuxtla Gutiérrez, MOC-CFE-1993. .... 105

Figura 69. Espectros de respuesta propuestos en distintos estudios para el municipio de Tuxtla Gutiérrez, González et al. 2011. .... 105

Figura 70. Espectros de diseño en roca y de peligro uniforme, respectivamente, obtenidos a partir del programa PRODISIS ver. 2.0 del MOC-CFE-2008. .... 106

Figura 71. Mapa con curvas de isoperiodos del estudio de 1995 del GIIS, Adaptado de Alonso et al., 1995. .... 106

Figura 72. Mapa de isoperiodos del estudio de 2006, adaptado de Narcía et al., 2006. .... 107

Figura 73. Modelos de velocidades s, de la corteza (1D) para Chiapas, Guatemala y Oaxaca, (Rodríguez, 2007). .... 107

Figura 74. Estructura tridimensional de velocidades s para cada bloque de Chiapas en km/s (Rodríguez, 2007). .... 108

Figura 75. Leyes de atenuación propuestas para la frontera de Chiapas y Guatemala por Benito et al. (2001). .... 108

Figura 76. Peligro sísmico propuesto para la frontera de Chiapas y Guatemala por Benito et al. (2001). .... 108

Figura 77. Mapa de peligro sísmico de Tuxtla Gutiérrez..... 109

Figura 78. Plano de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, donde se observa el crecimiento de 1892 a 2009 (amarillo mostaza 1892, amarillo 2000 y gris 2009), (Paz, 2011). ..... 112

Figura 79. Crecimiento poblacional de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez desde 1611-2007, construcción propia basada en datos del INEGI, (González et al., 2010). ..... 112

Figura 80. Plano de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez donde se observa la mancha urbana y los niveles de altimetría donde se desarrolla, en la cual se observa su crecimiento reciente en sitios con mayor pendiente (Paz, 2011). ..... 113

Figura 81. En la Figura 81a Comparación de las resistencias de mampostería de piezas de tabique. Figura 81b. Bloques de concreto de acuerdo con RCDF-2004 y RCTGZ-2005. .... 118

Figura 82. Clasificación de construcciones de Tuxtla Gutiérrez, según sistemas constructivos para cubiertas y muros (González et al., 2010a)..... 120

Figura 83. Clasificación de construcciones de Tuxtla Gutiérrez, según la edad en que se desarrollaron..... 121

Figura 84. Localización de los principales volcanes de México. Agrupados entre el paralelo 19 y 20° de Latitud Norte se localiza la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), las Islas Revillagigedo, el Complejo Volcánico de Tres Vírgenes, el Campo Volcánico de Los Tuxtlas, Arco volcánico Chiapaneco. Fuente: Macías (2005)..... 122

Figura 85. Arco Volcánico Chiapaneco. .... 124

Figura 86. Mapa de Isopacas (adaptado de Luhr, 1982 en Sánchez, G., 1985)..... 125

Figura 87. Deslizamientos en Tuxtla Gutiérrez. .... 126

Figura 88. Mapa de peligro de deslizamiento en Tuxtla Gutiérrez (Paz, 2011)..... 128

Figura 89. Derrumbes en Tuxtla Gutiérrez. .... 132

Figura 90. Flujos en el municipio de Tuxtla Gutiérrez..... 134

Figura 91. Mapa de pendientes de la zona urbana de Tuxtla Gutiérrez..... 138

Figura 92. Mapa de hundimientos en Tuxtla Gutiérrez..... 139

Figura 93. Mapa de erosión hídrica en Tuxtla Gutiérrez. .... 143

Figura 94. Erosión kárstica en Tuxtla Gutiérrez..... 147

Figura 95. Síntesis de peligros geológicos. .... 147

Figura 96. Trayectoria de huracanes que han afectado la entidad chiapaneca y al municipio de Tuxtla Gutiérrez. .... 152

Figura 97. Distribución espacial de lluvias que provocaron inundaciones en Tuxtla Gutiérrez en los años 1996 y 2003. 153

Figura 98. Promedio mensual de tormentas eléctricas en el municipio de Tuxtla Gutiérrez..... 154

Figura 99. Tormentas eléctricas en Tuxtla Gutiérrez..... 154

Figura 100. Mapa de sequías en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. .... 158

Figura 101. Comportamiento de la marcha anual de las temperaturas máximas..... 159



Figura 102. Mapa de temperaturas máximas extremas en Tuxtla Gutiérrez. .... 160

Figura 103. Mapa de vientos en Tuxtla Gutiérrez. .... 162

Figura 104. Microcuencas y sistema de drenaje de la cuenca del río Sabinal. .... 163

Figura 105. Densidad de ríos en la zona urbana de Tuxtla Gutiérrez. .... 164

Figura 106. Amenaza hidrometeorológica en el área urbana de Tuxtla Gutiérrez. .... 165

Figura 107. Jerarquización de una red hidrográfica según el criterio de Strahler. .... 166

Figura 108. Clasificación de orden de corriente para la cuenca del río Sabinal (Orden 6). .... 166

Figura 109. Mancha de inundación para un gasto de 350 m<sup>3</sup>, utilizada para la calibración del modelo (Tormenta 6 de octubre de 2003). .... 167

Figura 110. Área de inundación de la cuenca del río Sabinal Tr= 2 años. .... 168

Figura 111. Área de inundación de la cuenca del río Sabinal Tr= 10 años. .... 168

Figura 112. Área de inundación de la cuenca del río Sabinal Tr=50 años. .... 168

Figura 113. Área de inundación de la cuenca del río Sabinal Tr= 100 años. .... 169

Figura 114. Área de inundación de la cuenca del río Sabinal Tr= 200 años. .... 169

Figura 115. Viviendas que sufrirían daños en una inundación con un periodo de retorno de 50 años. .... 171

Figura 116. Estimación de niveles de riesgo de viviendas para distintos periodos de retorno (González, 2009). .... 172

Figura 117. Síntesis de peligros hidrometeorológicos. .... 177

Figura 118. Vulnerabilidad física en Tuxtla Gutiérrez. .... 180

Figura 119. Vulnerabilidad demográfica en Tuxtla Gutiérrez. .... 181

Figura 120. Vulnerabilidad socioeconómica en Tuxtla Gutiérrez. .... 181

Figura 121. Vulnerabilidad global en Tuxtla Gutiérrez. .... 182

Figura 122. Mapa síntesis de riesgos geológicos en Tuxtla Gutiérrez. .... 184

Figura 123. Mapa síntesis de riesgos hidrometeorológicos en Tuxtla Gutiérrez. .... 185

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Macrosismos que han afectado al municipio de Tuxtla Gutiérrez. Fuente: De la Rosa, 1989, complementada por González <i>et al.</i> , 2011a y González <i>et al.</i> , 2011b. ....	21
Cuadro 2. Viviendas dañadas por la tormenta tropical Larry en Tuxtla Gutiérrez, 2003. ....	25
Cuadro 3. Afectaciones por el desbordamiento del río Sabinal y sus afluentes. Fuente: Atlas de Riesgos Municipal. Ayuntamiento Municipal de Tuxtla Gutiérrez, 2001, citado por UNACH/CEAS/CNA, 2007. ....	25
Cuadro 4. Cavidades, grutas, cuevas y simas en la ZMTG. Fuente: Vaxakmen, 2008. ....	64
Cuadro 5. Unidades económicas y producción bruta total en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, 2009. ....	71
Cuadro 6. Establecimientos de hospedaje, de preparación y servicio de alimentos y de bebidas, registrados en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, 2009. ....	72
Cuadro 7. Porcentaje de población urbana y rural en el municipio de Tuxtla Gutiérrez. ....	77
Cuadro 8. Principales características de los hogares de Tuxtla Gutiérrez 2000, 2005. ....	77
Cuadro 9. Características del método y evidencias encontradas para determinar el peligro por fallas y fracturas. ....	81
Cuadro 10. Temblores magnitud superior a 7.0 en Chiapas en el siglo XX. Adaptado de Cenapred, 2006. ....	90
Cuadro 11. Aceleraciones esperadas en Tuxtla Gutiérrez con el software PRODISIS ver 2.0 del MOC-CFE-2008. ....	98
Cuadro 12. Periodos de retorno (TR) para aceleraciones de 0.15 g o mayores, modificado de Cenapred, 2006. ....	103
Cuadro 13. Caracterización sociodemográfica del área en riesgo por sismos. ....	110
Cuadro 14. Comparativa de resistencias de piezas, morteros y mampostería para el Distrito Federal y la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. ....	117
Cuadro 15. Sistemas constructivos encontrados en Tuxtla Gutiérrez (González <i>et al.</i> , 2010a). ....	120
Cuadro 16. Historia Eruptiva del volcán Chichón (adaptado de Plan Operativo Volcán Chichón, 2010). ....	123
Cuadro 17. Indicadores de vulnerabilidad física y social en zonas de deslizamientos. ....	130
Cuadro 18. Indicadores de vulnerabilidad del área por riesgo de flujos. ....	135
Cuadro 19. Indicadores de vulnerabilidad física y social en zonas de hundimientos. ....	142
Cuadro 20. Caracterización sociodemográfica del área de riesgos por erosión hídrica. ....	145
Cuadro 21. Datos de localización de las estaciones climatológicas utilizados como referencia para el estudio. ....	149
Cuadro 22. Etapas de desarrollo de un huracán. ....	150
Cuadro 23. Clasificación de la sequía según área afectada. ....	155
Cuadro 24. Estaciones climatológicas empleadas. ....	156
Cuadro 25. Estaciones climatológicas empleadas. ....	157
Cuadro 26. Vulnerabilidad por altas temperaturas. ....	158

Cuadro 27. Temperaturas máximas extremas de las estaciones climatológicas utilizadas para el diagnóstico de temperatura..... 159

Cuadro 28. Vientos máximos y mínimos Observatorio "Tuxtla Gutiérrez" . ..... 161

Cuadro 29. Microcuencas del río Sabinal. .... 162

Cuadro 30. Drenaje de la cuenca según densidad de corriente. Fuente: Horton, 1945. .... 163

Cuadro 31. Densidad de corrientes en la cuenca del río Sabinal. .... 163

Cuadro 32. Precipitación media mensual y anual de las Estaciones Climatológicas utilizadas para el estudio..... 164

Cuadro 33. Resumen de grados de riesgo y vulnerabilidad para fenómenos hidrometeorológico. .... 174

Cuadro 34. Caracterización sociodemográfica del área inundable al margen del río Sabinal. .... 175

Cuadro 35. Indicadores tomados para evaluar la vulnerabilidad. .... 178

Cuadro 36. Rangos cualitativos de vulnerabilidad. .... 182

Cuadro 37. Rank de peligrosidad por fenómeno natural en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. .... 183

Cuadro 38. Rangos cualitativos de riesgo. .... 184

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Foto 1. Inundación en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. ....	24
Foto 2. Inundación del 6 de octubre de 2003, pasando por encima del puente en la 3ª Oriente y 7ª Norte. Fuente: UNACH/CEAS/CNA, 2007. ....	24
Foto 3. Inundaciones en Tuxtla. 19 de agosto de 2010. ....	26
Foto 4. Inundaciones en TG, plaza Cristal y Boulevard. 19 de agosto de 2010. ....	26
Foto 5. Afloramiento de calizas al norte de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. ....	46
Foto 6. Falla geológica Tuxtla al norte de la ciudad. ....	46
Foto 7. Afloramiento de caliza-lutita en la colonia Las Granjas al norte de la ciudad. ....	47
Foto 8. Afloramiento de lutita-arenisca al sur de la ciudad. ....	47
Foto 9. Ambiente tectónico-kárstico en la Meseta de Copoya. ....	51
Foto 10. Procesos gravitacionales en el ambiente tectónico-kárstico en la Meseta de Copoya. ....	51
Foto 11. Valle intermontano en las laderas de la Meseta de Copoya. ....	52
Foto 12. Valle tectónico en las laderas norte de la ciudad. ....	52
Foto 13. Ambiente tectónico-erosivo en las laderas de la Mesa de Copoya. ....	52
Foto 14. Deslizamiento en el fraccionamiento Cueva del Jaguar. ....	53
Foto 15. Presencia de flujo cerca del Cerro Hueco. ....	53
Foto 16. Presencia de erosión en el valle del río Sabinal. ....	54
Foto 17. Presencia de acumulación de sedimentos en el valle del río Sabinal. ....	54
Foto 18. Suelo Feozem localizado al norte del municipio de Tuxtla Gutiérrez. ....	55
Foto 19. Suelos tipo Litosol ubicados al noroeste del municipio de Tuxtla Gutiérrez. ....	55
Foto 20. Suelo tipo Regosol ubicado al sureste de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. ....	55
Foto 21. Suelo tipo Rendzina localizado al sur de Copoya. ....	56
Foto 22. Viajes en el Cañón del Sumidero. ....	65
Foto 23. El Zapotal y Cerro Mactumatzá. ....	66
Foto 24. Residuos sólidos urbanos antes de ser dispuestos en el relleno sanitario (Proactiva). ....	67
Foto 25. Celda de recepción de residuos para su entierro (Proactiva). ....	67
Foto 26. Campaña de limpieza de residuos sólidos en El Cañón del Sumidero. ....	67
Foto 27. Contaminación y residuos sólidos en el río Sabinal. ....	67
Foto 28. Evidencias de fracturas en Tuxtla Gutiérrez, Colonia Las Palmas. ....	84

Foto 29. Daños debidos al sismo de Villaflores de 1995 en edificios públicos de Tuxtla Gutiérrez (González et al., 2011a). Fotos 29a y 29b. Edificio del centro de la ciudad. Foto 29c. Daño en la rectoría de la UNACH. Foto 29d. Daño en la catedral de San Marcos. Fotos 29e, 29f y 29g. Daños en viviendas de adobe ubicadas en el centro de la ciudad (cortesía de Ing. Marco Antonio Penagos). ..... 91

Foto 30. Daños debidos al sismo de las Choapas 7 de abril de 2011 en edificios públicos de Tuxtla Gutiérrez (González et al., 2011b). Foto 30a. Daños en el edificio Corzo. Foto 30b. Hundimiento en rectoría de la Unicach. Foto 30c. Daño en instalaciones de COCYTECH. Foto 30d y 30e. Daño en Hospital de especialidades “*vida mejor*”. Foto 30f. Daño en vivienda de en el centro de la ciudad. .... 92

Foto 31. En la Foto 31a. Deterioro en estructura del embovedado de la 4ª Norte y 4ª Oriente. Foto 31b. Corrosión en estructura embovedado de barrio San Roque. Fotos 31c. y 31d. Deterioro y corrosión de estructura del embovedado de la 5ª Poniente a la altura de barrio Guadalupe. .... 94

Foto 32. Construcciones de bajareque en las áreas periurbanas y rurales de Tuxtla Gutiérrez. .... 114

Foto 33. Donde la Foto 33a Muestra las casas administrativas de la época. Foto 33b. Parque central en 1926 con techos de teja de barro (Montiel, 1975). .... 114

Foto 34. Fragmento de bloque de concreto contaminado con materia orgánica. .... 117

Foto 35. Elaboración de mortero cemento arena con exceso de agua, lo que le provocará fisuraciones y pérdida de resistencia. .... 119

Foto 36. Caída de ceniza en Pichucalco, Chiapas, Fotografía: Federico Fragoso, abril de 1982 (tomada de Limón, 2005). ..... 123

Foto 37. Afectaciones a las viviendas por flujos de lodo en el fraccionamiento Cueva del Jaguar. .... 127

Foto 38. Afectaciones a las viviendas por flujos de lodo en el fraccionamiento Lomas del Oriente. .... 128

Foto 39. Zona susceptible a derrumbes en la meseta de Copoya (tomado de Paz, 2011). .... 133

Foto 40. Daños producidos por ráfagas de viento en Tuxtla Gutiérrez (tomado de González et al., 2009b). .... 160

Foto 41. Puente “San José”, que se encontraba en la prolongación de la calzada Conasupo, el cual fue uno de los que fue demolido y reconstruido (tomado de González, 2009). .... 170

Foto 42. Proyecto lineal para el control de inundaciones y saneamiento ambiental del río Sabinal (cortesía de LHB, Laboratorio de Hábitats Bioéticos). .... 171

## LISTA DE SIGLAS O ACRÓNIMOS UTILIZADOS

AGEB: Área geoestadística básica  
ANP: Área Natural Protegida  
ANR: Atlas Nacional de Riesgos  
CEAS: Comisión Estatal de Agua y Saneamiento  
CENAPRED: Centro Nacional de Prevención de Desastres  
CFE: Comisión Federal de Electricidad  
CNA: Comisión Natural del Agua  
COBACH: Colegio de Bachilleres de Chiapas  
CONANP: Comisión Nacional Áreas Naturales Protegidas  
CONAPO: Consejo Nacional de Población  
D: Déficit  
ERIC: Extractor Rápido de Información Climatológica  
FRA: Factor de ajuste por área  
FRD: Factor de ajuste por duración  
FVTM: Falla Volcánica Transmexicana  
IDH: Índice de Desarrollo Humano  
IMIP: Instituto Municipal de investigación y Planeación  
IMSS: Instituto Mexicano del Seguro Social  
ISSSTE: Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado  
ISSSTECH: Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado de Chiapas  
IMTA: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua  
INE: Instituto Nacional de Ecología  
INEGI: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática  
IPC: Instituto de Protección Civil  
NOM: Norma Oficial Mexicana  
PC: Protección Civil  
Pe: Precipitación Efectiva  
PEA: Población Económicamente Activa

PEMEX: Petróleos Mexicanos  
PMOET: Programa Municipal de Ordenamiento Ecológico y Territorial  
PNCS: Parque Nacional Cañón del Sumidero  
PSM: peligro sísmico mexicano  
RE: Reserva Ecológica  
S: Superávit  
SEDENA: Secretaría de Defensa Nacional  
SEDESOL: Secretaría de Desarrollo Social  
SEGOB: Secretaría de Gobernación  
SEMAR: Secretaría de Marina  
SEMARNAT: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales  
SEMAVIHN: Secretaría del Medio Ambiente, Vivienda e Historia Natural  
SEPLAN: Secretaría de Planeación  
SIG: Sistema de Información Geográfica  
SMN: Servicio Meteorológico Mexicano  
SSN: Servicio Sismológico Nacional  
TR: períodos de retorno  
UNACH: Universidad Autónoma de Chiapas  
UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México  
UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, las Ciencias y la Cultura  
VR: Valor Regional  
ZMTG: Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez  
ZOOMAT: Zoológico Miguel Álvarez del Toro

## PRESENTACIÓN



El presente documento representa el esfuerzo conjunto de concertación y gestión entre la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), y el H. Ayuntamiento Municipal de Tuxtla Gutiérrez, quienes asignaron en la firma consultora Centro de Estudios para Competitividad Municipal A.C. la tarea de construir este Atlas de Riesgos Municipal.

En palabras del Lic. Juan Sabines Guerrero, Gobernador Constitucional del Estado de Chiapas, “Prevenir, es parte fundamental de este Gobierno” por ello, el Atlas de Riesgos constituye una importante herramienta de planeación, tanto a la ciudadanía como a las autoridades en la creación de una nueva cultura de prevención de desastres, resguardando así su vida y patrimonio.

Cabe mencionar, que ahora que Tuxtla Gutiérrez tiene un Atlas de ninguna manera se evitará la ocurrencia de fenómenos naturales que inciden en nuestra capital, sino que este documento coadyuvará en las obligaciones preventivas, de reglamentación así como el ordenamiento, crecimiento y desarrollo, en estricto apego con el Plan Municipal de Desarrollo Urbano.

Este trabajo presenta y describe procesos de generación de escenarios de peligros por fenómenos naturales de origen geológico e hidrometeorológico que por las condiciones de vulnerabilidad representan un grave riesgo para la población del municipio de Tuxtla.

Derivado de lo anterior, el objetivo principal del Atlas es crear una herramienta dinámica que proporcione información veraz y oportuna sobre la ubicación de peligros, sin embargo, no elimina la obligación de elaborar estudios y diagnósticos cada vez más específicos y detallados.

Es preciso destacar que están modelados distintos escenarios posibles para uno de los desastres más recurrentes y que mejor expresa la conflictiva relación que guardamos con la naturaleza: las inundaciones que cada vez son más recurrentes por avenidas extraordinarias del río Sabinal y sus afluentes que confluyen por el municipio, así como los encharcamientos, los deslizamientos y los hundimientos, y por supuesto los efectos sísmicos.

**“Hoy hemos escrito en la partitura de Chiapas, la obertura de la sinfonía de Tuxtla Gutiérrez. Sinfonía que sigue el ritmo que dicta la ciudadanía, con una armoniosa melodía compuesta entre los Gobiernos Estatal y Municipal. Juntos en unidad y con corazón sigamos escribiendo las notas que, una a una nos llevarán a la culminación de nuestra obra maestra. Por eso decimos que en unidad hacemos de Tuxtla una Sinfonía”.**

Lic. Seth Yassir Vázquez Hernández

Presidente Municipal Constitucional de Tuxtla Gutiérrez

## Descripción general del contenido del Atlas

El presente Atlas de Riesgos del Municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, fue desarrollado de acuerdo a las Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgo y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo de la Sedesol (2009).

El documento está estructurado en trece apartados que a continuación se describen brevemente.

En los antecedentes se abordan los conceptos fundamentales sobre riesgo; los referentes históricos y fuentes documentales de los mismos ocurridos en Tuxtla Gutiérrez, así como las leyes y los fundamentos jurídicos sobre el tema. En la introducción se plasman los objetivos y la estructura metodológica general seguida a lo largo de la elaboración del Atlas de Riesgo. El capítulo tres delimita el área de estudio y aborda las principales características municipales. Estos apartados nos introducen en la temática y el área de estudio.

En la caracterización de los elementos del medio natural se describen los componentes físicos y biológicos del área de estudio, así como el uso del suelo, las áreas naturales protegidas y la problemática ambiental ofreciendo el contexto sobre el cual se han desarrollado los asentamientos humanos a lo largo de la historia sobre todo en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

En el capítulo de caracterización socioeconómica, se describen los elementos demográficos, así como la infraestructura y equipamiento urbano. Este capítulo es central debido a que la vulnerabilidad, peligros y riesgos que se abordan en el Atlas de Riesgos se relacionan con estos aspectos, debido a la preocupación que generan los fenómenos perturbadores de origen natural sobre la población y sus estructuras.

En los capítulos seis, siete y ocho se identifican los peligros, vulnerabilidad y riesgo para el área de estudio por fenómenos geológicos e hidrometeorológicos, incluyendo figuras que los representan espacialmente a partir de la cartografía generada en la escala determinada por los términos de referencia. Para cada uno de los fenómenos perturbadores se incluye al final del resultado de los mismos, el grado de vulnerabilidad, peligro o riesgo. El documento finaliza con conclusiones y recomendaciones, un glosario de los principales términos, la bibliografía referida y anexos entre los que destacan los que abordan con mayor detalle los aspectos metodológicos.

La obra incluye de forma anexa cartografía para cada fenómeno perturbador en la escala adecuada a los lineamientos de la Sedesol, con sus correspondientes metadatos y diccionarios de datos.



## Equipo de trabajo para la elaboración del Atlas

Este documento fue elaborado por un gran equipo de trabajo del **Centro de Estudios para la Competitividad Municipal A.C. (CECOM A.C.)** que destinaron un gran esfuerzo para la conformación del mismo. El **CECOM A.C.** es un centro de investigación y consultoría aplicada. Elaboramos diversos estudios para el desarrollo municipal, competitividad y medio ambiente. Tenemos amplia experiencia en proyectos de gran impacto y contamos con el personal, las instalaciones y los recursos para llevar a cabo cualquier proyecto. Nuestra organización cuenta con importantes convenios de colaboración con instituciones de prestigio nacional que permiten enriquecer nuestro trabajo y ampliar las redes de trabajo.

Para el caso específico del Atlas, se conjuntaron diversos especialistas en las siguientes áreas: Manejo de Riesgos, Geología, Geofísica, Urbanismo, Ingeniería Civil, Hidrología, Economía, Cartografía, Administración Pública y Diseño digital. Ellos son: Mtro. Luis de Pablo Hernández Lozano, Dr. Raúl González Herrera, Dr. Horacio Morales Iglesia, Mtro. Arturo Montalvo García, Mtra. Brenda Olvera Jiménez, Mtra. María Lila Urbieto Estudillo, Mtro. Diego Díaz Bonifaz, Lic. Orbelin Grajales Reyes, Mtra. Susana Carpio Martínez, Ing. Saida Maritsa López Camacho, Arq. Rodrigo Antonio Hernández Lozano, Lic. Víctor Manuel Sida Velasco. Es importante comentar que se utilizó software especializado para el desarrollo de los trabajos, visitas innumerables de campo, encuestas a la población, bases de datos de diversas instituciones y múltiples reuniones de trabajo.

Así mismo, agradecemos la colaboración del Dr. Juan Carlos Mora Chaparro, vulcanólogo del Instituto de Geofísica de la UNAM, quien enriqueció este trabajo con su revisión técnica; así como diversos especialistas del Colegio de Ingenieros en Ciencias de la Tierra A.C., el ECOSUR y la UNICACH. Agradecemos también a Erwin Samayoa Villegas del Instituto de Protección Civil para el Manejo Integral de Riesgos de Desastres del Estado de Chiapas y a todas las instituciones públicas que nos apoyaron con información para la consecución de los trabajos.



Equipo de trabajo en distintas actividades desarrolladas para la elaboración del Atlas de Riesgos de Tuxtla Gutiérrez.

## I. ANTECEDENTES

El municipio de Tuxtla Gutiérrez se ubica en un valle rodeado de montañas, lomeríos, piedemonte, comprendido casi en su totalidad en la cuenca del río Sabinal. Estas condiciones la hacen vulnerable por la ocupación histórica y social de este territorio, que ha rebasado las prevenciones de riesgos y desastres socialmente construidos (mal llamados riesgos y desastres naturales).

Este municipio contiene 115 localidades con una población de 553,374 habitantes según los resultados del Censo General de Población y Vivienda 2010. Destaca la cabecera municipal, en la que habita una población de 537,102 habitantes en 437 colonias, fraccionamientos o unidades habitacionales. Esta localidad presenta la mayor concentración de población, infraestructura, equipamiento y servicios urbanos en el estado.

En este sentido, la atención del presente Atlas de Riesgos se centra en esta ciudad; no obstante se considera (de acuerdo a los términos de referencia) al municipio en su conjunto, en donde los principales aspectos de riesgo son los geológicos por sismos, e hidrometeorológicos por inundaciones. Estos últimos han causado una historia de inundaciones por la presencia de la cuenca del río Sabinal y sus 21 afluentes en el territorio tuxtleco figura 1.

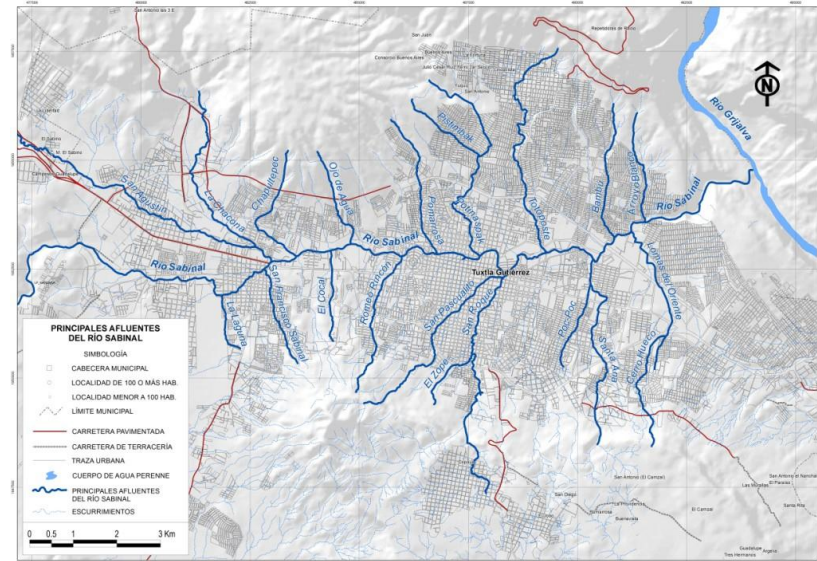


Figura 1. Principales afluentes del río Sabinal.

### 1.1. Conceptos fundamentales<sup>2</sup>

Las Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo de la Sedesol (2009), no señalan la necesidad de incluir este apartado; no obstante consideramos que todo Atlas de este tipo debe contar con él, debido a su consulta por público no especialista; por lo que a continuación anotamos los conceptos fundamentales en la materia.

<sup>2</sup> Esta sección fue tomada de la Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Conceptos básicos sobre peligros, riesgos y su representación geográfica. Segob/Cenapred, 2006.

Es frecuente confundir o utilizar como sinónimos *peligro-amenaza*, *riesgo*, o *desastre* y denominar a este último como “*natural*”, cuando es consecuencia de la presencia de un agente perturbador (fenómeno natural o generado por el hombre) que tenga la probabilidad de ocasionar daños a un sistema afectable (asentamientos humanos, infraestructura, planta productiva) en un grado tal que constituye un desastre social (pérdida de vidas, lesiones, enfermedades), económico (pérdida o daño a equipamiento, infraestructura o sistemas productivos entre otros) y ambiental (en ecosistemas, flora, fauna).

El **peligro** se define como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo de tiempo y en un sitio dado.

En México, el Sistema Nacional de Protección Civil reconoce, de acuerdo con su origen, los siguientes **agentes perturbadores**: fenómenos geológicos, hidrometeorológicos, químico-tecnológicos, sanitario-ambientales y socio-organizativos.

La probabilidad de ocurrencia de tales eventos en un cierto sitio o región puede constituir una **amenaza**, entendida ésta como una condición latente de posible peligro ante la generación de eventos perturbadores.

La **vulnerabilidad** se define como la susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un fenómeno perturbador, es decir el grado de pérdidas esperadas. En términos generales pueden distinguirse dos tipos de vulnerabilidad: la física y la social. Este concepto tiene una connotación netamente social y es desde el punto de vista teórico un aporte de las ciencias

sociales para explicar los desastres. Andrew Maskrey (1993) define la vulnerabilidad como “*una relación compleja entre población, medio ambiente, relaciones, formas y medios de producción*”.

**El riesgo** es una variable muy compleja y continuamente cambiante en el tiempo, que es función de la variabilidad de las amenazas que nos circundan y de la condición también dinámica de la vulnerabilidad y del grado de exposición. Conceptualmente, los Atlas de Riesgos han evolucionado de ser un conjunto estático de mapas, a ser un sistema integral de información sobre riesgos de desastres, empleando para ello bases de datos, sistemas de información geográfica, cartografía digital, modelos matemáticos y herramientas para la visualización, búsqueda y simulación de escenarios de pérdidas.

En términos cualitativos, se entiende por **riesgo** la probabilidad de ocurrencia de daños, pérdidas o efectos indeseables sobre sistemas constituidos por personas, comunidades o sus bienes, como consecuencia del impacto de eventos o fenómenos perturbadores.

En forma cuantitativa se ha adoptado una de las definiciones más aceptadas del riesgo, entendido como la función de tres factores: la probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino, es decir el peligro, la vulnerabilidad y el valor de los bienes expuestos. Esta definición se expresa en la siguiente ecuación.

Aunque hay una estrecha relación entre las nociones de peligro y riesgo, se apunta una diferencia esencial: mientras el peligro es la probable existencia de una precondition de daño o infortunio, el riesgo es la probabilidad de que sucedan

diversos efectos nocivos a una sociedad o parte de ella (ver figura 2).

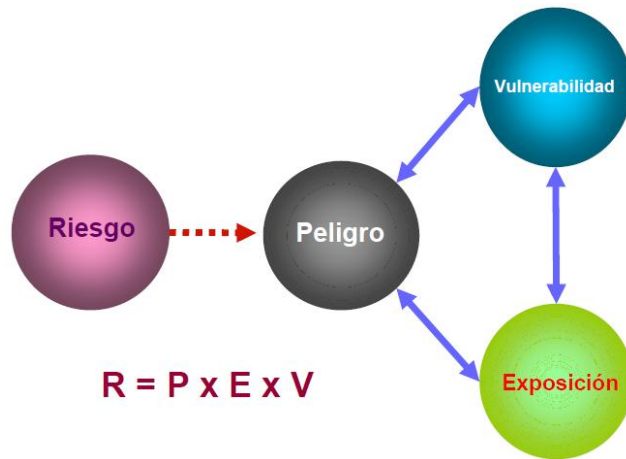


Figura 2. Esquema de las variables que intervienen en el cálculo del riesgo.

El **desastre** es más un hecho social, y no solamente natural como tradicionalmente se ha pensado. Usualmente se menciona el concepto vulnerabilidad como parte medular de los procesos de desastres. Entonces tenemos que el desastre es la *“relación extrema [entre fenómenos perturbadores que pueden significar un peligro o amenaza, dependiendo de la vulnerabilidad] de una determinada estructura social, económica y política cuya capacidad material para enfrentarlo es superada.”*

Contrariamente a la teoría convencional *“aquí se entiende a los desastres como fenómenos y procesos internos al sistema y no como agentes externos e inevitables como tradicionalmente se han tratado”*. Esta visión teórica sintetiza

que si bien los desastres provocados por fenómenos naturales son atribuibles a la severidad de éstos, y se explican en gran parte por causa de ellos, también es cierto que son producto de características sociales y económicas del sistema que los sufre (Segob/Cenapred, 2006). En el glosario, los conceptos fundamentales en materia de riesgo son abordados con mayor amplitud.

### 1.2 Antecedentes históricos de riesgos por manifestaciones de fenómenos naturales en Tuxtla Gutiérrez

En la zona de estudio se han presentado históricamente fenómenos perturbadores (básicamente sismos e inundaciones) que son un peligro y amenaza dada la vulnerabilidad de un municipio y sobre todo de una ciudad que se construyó a lo largo de los años en zonas susceptibles de la conjunción de estos procesos, lo que los coloca en situación de riesgo, evidenciado éste por la historia de desastres ocurridos en la zona de estudio.

En el Anexo 13.3 se anotan 169 situaciones de riesgo por inundaciones, deslaves, socavaciones, grietas por hundimiento, erosión y encharcamiento acontecidos en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez durante los años 2008, 2009 y 2010 (Protección Civil, 2010).

#### 1.2.1. Situaciones de riesgos por sismos

Los sismos por su naturaleza son importantes debido al impacto socioeconómico, psicológico y ambiental que causan en la población y en la demanda de su atención preventiva (y resolutive) por parte de las autoridades (Cuadro 1).

Cuadro 1. Macrosismos que han afectado al municipio de Tuxtla Gutiérrez. Fuente: De la Rosa, 1989, complementada por González *et al.*, 2011a y González *et al.*, 2011b.

Año	Mes	Día	Magnitud	Intensidad	Localización general
1729				VIII	Todo Chiapas
1816	7	22		VIII	Todo Chiapas
1887	8	1		VII	Tuxtla Gutiérrez
1896	11	15		VI	Tuxtla Gutiérrez
1899	3	25		VII	Tuxtla Gutiérrez, dañó el palacio de gobierno
1902	9	23	7.8	X	Es el macrosismo más importante en Chiapas, daños fuertes en Tuxtla Gutiérrez
1906	8	21		VI	Tuxtla Gutiérrez
1907	7	21		VI	Tuxtla Gutiérrez
1909	12	15	5.6	VI	Tuxtla Gutiérrez
1914	3	30	7.5	IX	Tuxtla Gutiérrez
1927	5	9	7	VII	Tuxtla Gutiérrez
1935	12	14	7.3	VIII	Tuxtla Gutiérrez
1937	1	11	6	VI	Tuxtla Gutiérrez
1937	5	28	6.5	VII	Tuxtla Gutiérrez
1949	9	6	5.5	V	Tuxtla Gutiérrez
1949	12	22	6.5	VI	Tuxtla Gutiérrez
1952	6	2	5	VI	Tuxtla Gutiérrez
1953	1	3	5.1	V	Tuxtla Gutiérrez
1954	5	21	5.5	V	Tuxtla Gutiérrez
1955	1	27	5.7	V	Tuxtla Gutiérrez
1965	3	1	6.4	V	Tuxtla Gutiérrez
1995	10	21	7.1	VII	Fuertes daños, Tuxtla Gutiérrez
2002	1	16	6.7	VI	Tuxtla Gutiérrez
2011	4	7	6.7	VI	Tuxtla Gutiérrez

La figura 3 muestra la tasa de retorno de sismos en el estado de Chiapas considerando todas las fuentes sismogénicas y las magnitudes de sismos importantes a partir de 6.5. Los datos corresponden son tomados del cuadro 1, donde se emplearon diversas fuentes documentales. Analizando la figura 3 observamos que para sismos con magnitud igual o mayor de 6.5, pero menor a 7.0, el periodo de retorno es de 4 años, para sismos de magnitud igual o mayor a siete y menores a 7.5 la tasa de retorno es de 11 años y para sismos con magnitud igual o mayor de 7.5 es de 55 años.

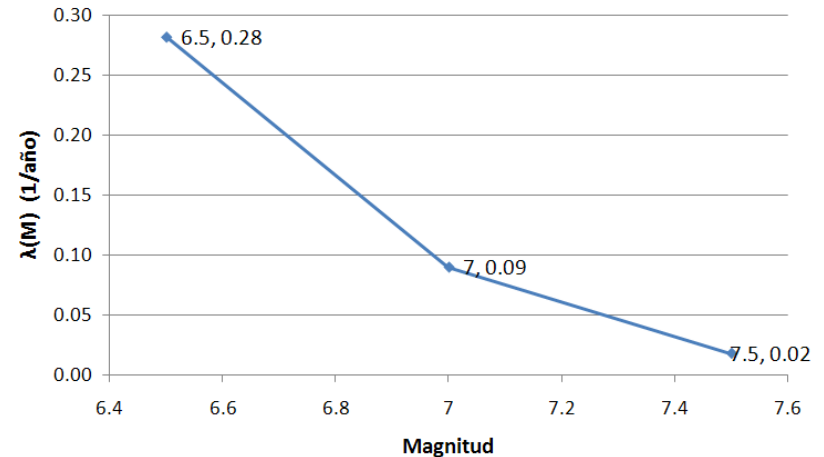


Figura 3. Periodo de retorno de sismos fuertes en el estado de Chiapas.

### 1.2.2. Situaciones de riesgos por inundaciones<sup>3</sup>

Históricamente, la población y ciudad de Tuxtla Gutiérrez se han visto afectadas por inundaciones debido al desborde del río Sabinal, que cruza en una longitud de 6.5 kilómetros la zona urbana y el cual contiene los arroyos Jotipak, Pospón, Cachotopak, Penipak, Potinaspak, Yucucupak, Jamaipak, Pistimbak, Popombak, Capetecjopak, Factaccosok, entre otros, así como por el río Quishimpak (El Sabinal). Pero los que le han causado desastres son el Sabinal, el arroyo San Roque y el Poti (Potinaspak).

La Comisión Nacional del Agua (CNA) calcula que cuando menos dos mil casas están construidas en las márgenes de 13 de los 21 afluentes del río Sabinal. En 1999 el Gobierno del Estado construyó siete nuevos puentes sobre el río Sabinal, para tratar de evitar su desbordamiento durante la época de lluvias, los cuales vinieron a sustituir a los antiguos puentes de arco de arquitectura tradicional.

A continuación se hace una breve descripción cronológica a partir de la década de 1920 de las principales inundaciones ocurridas en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, debido a que este es el principal riesgo de origen natural que afecta a esta localidad.

- 1921, durante los días 20 y 21 de octubre cayeron sobre la ciudad torrenciales lluvias que provocaron el desbordamiento del río Sabinal, destruyendo a su paso viviendas y ocasionando grandes pérdidas a los vecinos, que ya para entonces poblaban sus márgenes. Un

periódico de la época informa que 13 familias fueron perjudicadas, se creó un Comité de Auxilios que gestionó reparación de daños a los afectados ante el Gobierno Federal encabezado por Álvaro Obregón.

- 1932, los días 11 y 12 de octubre, el río Sabinal y sus afluentes provocan destrozos a su paso por el poblado de Terán y la zona poniente de Tuxtla, inundando viviendas. Ante el perjuicio que deja este nuevo incidente, el Gobierno del Estado crea el “Comité Pro-Damnificados Terán-Tuxtla Gutiérrez”, que se encargaría de tratar de resarcir las pérdidas de los afectados. *“El río Sabinal que atraviesa el poblado de Terán y esta Capital en la parte Norte que es la más baja, se desbordó inundando completamente gran extensión a sus márgenes, trayendo como consecuencia el derrumbe de muchas casas y pérdidas considerables a los moradores en las inmediaciones del río de que hacemos mención. Las aguas destruyeron todo lo que se oponía a su vertiginosa corriente convirtiendo lo que antes era hogar de pláceme, en miseria y desolación. Tuxtla y Terán se convirtieron en parte en inmensas extensiones de agua, quedando incomunicados varios barrios del resto de la población, sufrieron de hambre, desesperación y angustia. Las aguas vertiginosas se precipitaban a su cauce arrasando todo lo que se encontraba a su paso, dejando en la miseria a innumerables familias”.* (La Vanguardia, Órgano del Comité de Estado del PNR, 16 de octubre de 1932)
- 1951, el periódico matutino de Tuxtla Gutiérrez llamado El Heraldo del 11 de julio en una nota titulada *“Inundación en la parte norte de Tuxtla, anoche”* y señala *“El río Sabinal se desbordó y causó grandes*

<sup>3</sup> Esta sección fue tomada de UNACH/CEAS/CNA, 2007, excepto cuando se indica lo contrario.

*pérdidas a los habitantes de los barrios de Juy-Juy, Colón y la Pimienta. Las aguas llegaron a subir hasta metro y medio en muchos lugares”. “Desde las cinco de la tarde empezó a desbordarse el río Sabinal, situado al norte de esta capital, a consecuencia de los grandes aguaceros que están cayendo... Todos corrían con niños en los brazos; otros llevaban muebles y algunos objetos que trabajosamente pudieron salvar, pues la impetuosa corriente lo arrastraba todo... a las nueve de la noche empezó a bajar la corriente.”*

- 1952, el periódico El Informador titula una de sus notas: *“Es peligroso construir cerca del Sabinal”* y dice lo siguiente: *“Con no poca sorpresa hemos observado que algunas personas han estado edificando sus habitaciones en lugares muy inmediatos a los márgenes de El Sabinal; posiblemente confiados en que el que anteriormente fuera un río boyante, ahora es un barranco por donde corren aguas mal olientes. Sin embargo hay que recordar que allá por los meses de Septiembre y Octubre, El Sabinal, que recibe las aguas de numerosos afluentes, se convierte en un peligro para los moradores inmediatos al cauce y principalmente después de la confluencia del Poti, que ha registrado muy fuertes avenidas de aguas en años pasados”* (El Informador, Tuxtla Gutiérrez, 31 de mayo).
- 1974, en este año hubo otra inundación que afectó a los vecinos de la 5ª Norte y a los que se asentaban en las inmediaciones del arroyo San Roque a raíz de esta inundación se embovedó el arroyo desde la 2ª hasta la 9ª sur.
- En 1984 se registró una fuerte avenida en el afluente San Agustín, ocasionando daños en las colonias Los Laureles y Fovissste de Tuxtla Gutiérrez (IMTA, 2009).
- En 1988 fueron afectadas por el afluente San Agustín las colonias Plan de Ayala y Juan Crispín, dañando 77 casas, dejando un saldo de 320 personas damnificadas.
- En 1988 el desbordamiento del arroyo San Roque afectó el barrio San Francisco, dañando parcialmente 14 viviendas; una vivienda destruida y 70 habitantes damnificados (IMTA, 2009).
- Los días 24 y 25 de junio de 1996, se registraron precipitaciones de 187.8 mm afectando a 300 comercios y 1,500 casas de 11 colonias (el fraccionamiento La Gloria, Rincón de los Lagos, Jardines de Tuxtla, El Vergel, Fovissste I, San José Terán, El Arenal, Lum-há, así como en ambas márgenes de la 5ª Avenida Norte, entre la 10 y la 5ª Calle Oriente, Plan de Ayala, Campestre y Los Laureles). Los niveles alcanzados fueron del orden de 2.5 metros sobre el nivel de la calle, desbordándose el arroyo Santa Ana, reportándose el fallecimiento de una persona.
- El 10 de Agosto de 1996, lluvias entre los 75 y 80 mm provocaron el desbordamiento del río Poti, afectando a 80 personas y viviendas de la 8ª Norte (de la 6ª hasta la 7ª Norte), de la 1ª a la 4ª Poniente, resultando inundadas más de 60 colonias por falta de drenaje pluvial.
- El 30 de septiembre de 1998 lluvias torrenciales provocaron el desbordamiento de los arroyos

Potinaspak y Totoposte, así como del río Sabinal. Los niveles alcanzados fueron del orden de los 1.20 metros sobre el nivel de la calle. Fueron arrastrados dos autos muriendo una mujer.

- El jueves 31 de mayo de 2001, fuertes precipitaciones destruyen un número indeterminado de casas de teja de cartón o de plástico de la colonia Democracia (antes Julio César Ruíz Ferro). El desbordamiento de varios de los afluentes del Sabinal afectaron a las colonias Los Pájaros, Bienestar Social, Terán y Potinaspak. Las lluvias del mes de mayo provocaron el derrumbe de una de las bardas del Penal de Cerro Hueco y la semidestrucción de 150 viviendas de más de 20 colonias, debido a lo reducido de los cauces de los 20 arroyos tributarios del río Sabinal, el embovedamiento de muchos de ellos y la falta de colectores para aguas pluviales, misma que se va a la tubería de los drenajes.
  - El 6 de octubre de 2003 se presentaron lluvias intensas provocadas por el fenómeno hidrometeorológico Larry, con una acumulación de 225 mm, en la parte alta de la cuenca del río Sabinal generando una avenida estimada de 300 m<sup>3</sup>/seg, con periodo de retorno de 15 años. La insuficiente capacidad del cauce para esta avenida, ocasionó el desbordamiento del río afectando una superficie aproximada de 290 hectáreas de la ciudad. La inundación afectó 2,181 viviendas de 28 colonias de todos los estratos socioeconómicos, que se encontraban próximas al cauce del río Sabinal. Fotografías 1 y 2. La red primaria de servicios urbanos, como vialidades, agua potable y alcantarillado, fue afectada por tierra, lodo y materiales arrastrados por la corriente formada por la lluvia.
- En el fraccionamiento Rincón de los Lagos sus 69 viviendas se inundaron; en Villas de Catazajá, 12 casas se inundaron; en Jardines de Tuxtla con alrededor de 200 viviendas, donde generalmente sólo se inundan las más cercanas al río, el agua llegó hasta el parque del fraccionamiento, resultando la mayoría de los vecinos afectados directa e indirectamente. En el tramo de la calzada Ignacio Zaragoza, en la privada Magnolias 154 viviendas resultaron afectadas.

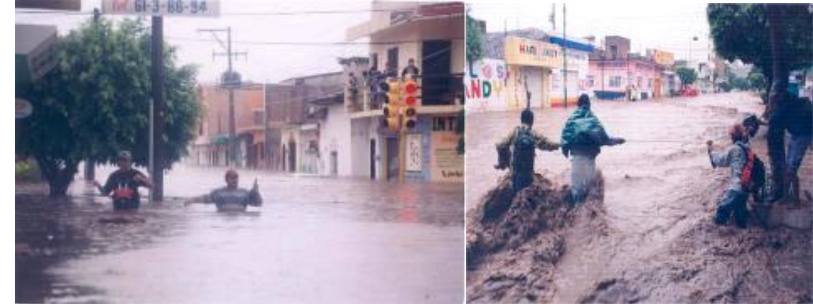


Foto 1. Inundación en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.  
Foto 2. Inundación del 6 de octubre de 2003, pasando por encima del puente en la 3ª Oriente y 7ª Norte. Fuente: UNACH/CEAS/CNA, 2007.

- De igual forma, fueron afectados diversos planteles educativos. Se inundaron 40 colonias y ejidos de la capital de Chiapas, causando daños a la población civil y afectaciones a la infraestructura urbana. El saldo fue de 25,000 afectados y 3,000 damnificados, así como pérdidas cuantiosas, según datos oficiales proporcionados por la Dirección de Protección Civil del Estado (Cuadros 2 y 3).



A partir de 1996 no solamente se redujo a siete años el período de recurrencia de las inundaciones, sino que se intensificó su impacto, obligando a los vecinos a unirse para buscar una solución definitiva, y lo más importante, colectiva.

Cuadro 2. Viviendas dañadas por la tormenta tropical Larry en Tuxtla Gutiérrez, 2003.

Viviendas, según daño	Nº
Viviendas con daño menor (IMIP)	2,214
Viviendas con daño parcial	197
Viviendas con daño total	273
Viviendas para reubicación	109/45

Fuente: Dirección de Protección Civil, Chiapas, 2003

Cuadro 3. Afectaciones por el desbordamiento del río Sabinal y sus afluentes. Fuente: Atlas de Riesgos Municipal. Ayuntamiento Municipal de Tuxtla Gutiérrez, 2001, citado por UNACH/CEAS/CNA, 2007.

N.º	Arroyo	Áreas afectadas
1	La Chacona	Los Laureles
2	San Agustín	Los Tulipanes y FOVISSSTE II
3	Potinaspak y Pistimbak	La Llave, Las Américas, FOVISSSTE Paraíso, Linda Vista Shank, Adonahí, Potinaspak y Niño de Atocha
4	Totoposte	Colonia Maya
5	San Roque	Colinas del Sur, Josefa Garrido, Plaza de Toros, Lomas del Venado
6	La Laguna	Belisario Domínguez y Plaza Crystal
7	Poc-Poc	Zona Centro entre 4ª y 5ª sur y 15ª oriente
8	Santa Ana	Bienestar Social, Mexicanidad Chiapaneca, Santa María la Rivera
9	Cerro Hueco	Rivera Cerro Hueco y La Salle

10	Patria Nueva	Paso Limón, La Ilusión, Lomas del Oriente, Cueva del Jaguar, Los Pájaros
11	Pomarrosa	Mirador, Barrio Tizatillo, Pomarrosa, Miravalle y Mirador 2ª Sección
12	Ojo de Agua	Mirador, Barrio Tizatillo, Pomarrosa, Miravalle y Mirador 2ª Sección, 5ª Norte a la altura del entronque con el Libramiento Norte
13	El Cocal	Colonia Penipak
14	Romeo Rincón	Col. Romeo Rincón, Col. Penipak
15	El Zope	Calvarium, Colinas del Sur, Santo Domingo y San Francisco
16	San Pascualito	Vista Hermosa, Linda Vista
17	Bambú	El Bosque
18	San Francisco Sabinal	Fracc. Tucanes, Conasupo, Fracc. San Francisco Sabinal

El impacto de los eventos de los años 2001 y 2003 entre la población fue cuantitativa y cualitativamente diferente con respecto a los anteriores, causando más daños materiales. Hasta antes de 1996, las inundaciones siempre habían sido parciales, ya que inundaban áreas específicas a lo largo del cauce y con muy poca pendiente. Debido a esto, las autoridades respondían de manera parcial ante el problema, tratando de resolver con acciones tales como el desazolve y limpieza de basura del cauce antes de la temporada de lluvias.

- El 19 de agosto de 2010 ocurrió una inundación que afectó a 30 colonias, la zona comercial de Plaza Boulevard y el libramiento norte, destruyendo el puente aledaño a la colonia Las Américas. Cuatro personas muertas provocadas por el desbordamiento del río Sabinal al ser arrastradas al intentar cruzarlo. Las zonas

más afectadas fueron: la 5ª Norte, así como la Colonia Francisco I. Madero, por lo que fue necesaria la intervención del Ejército y la Policía de Seguridad Pública del Estado. Los daños se extendieron a escuelas como el Cobach 13, ubicado al oriente de la ciudad, donde las instalaciones quedaron bajo el agua, lo que obligó a las autoridades de la institución a suspender las clases hasta nuevo aviso. En tanto la Escuela Primaria "Ángel Albino Corzo", ubicada sobre la Calle Central entre 5ª y 6ª Norte, también resultó con severos daños, ya que el agua entró a los salones. También se dañó el Sistema de Agua Potable de la ciudad.

Protección Civil estatal. El 28 de agosto de 2011 se presentó una inundación importante con el desbordamiento del río Sabinal y del arroyo Potinaspak. Los bordos de protección junto a los costales de arena se vieron vencidos por la fuerza del agua. Ésta inundó cerca de doscientas casas y obligó a 20 personas a abandonar sus viviendas. El río Sabinal salió de su cauce, a la altura de la 6ª Oriente para ocasionar daños a los habitantes del Fraccionamiento Francisco I. Madero. En el lugar el agua llegó a metro y medio de altura. El lado norte fue la zona más afectada. Además, los capitalinos reportaron daños en la zona comercial de la 5ª Norte, la Colonia "Laureles", Barrio "Niño de Atocha". Mientras que el 5 de septiembre de 2011, alrededor de 276 familias fueron las que resultaron afectadas por estas lluvias y 13 mil personas más se vieron afectadas de manera indirecta (Cuarto Poder, 16 y 29 de agosto y 6 de septiembre).



Foto 3. Inundaciones en Tuxtla. 19 de agosto de 2010.

Foto 4. Inundaciones en TG, plaza Cristal y Boulevard. 19 de agosto de 2010.

Fuente [www.taringa.net/poste/noticias/664990/inundaciones-Tuxtla\\_gt\\_México\\_-\\_fotos-propias\\_.html](http://www.taringa.net/poste/noticias/664990/inundaciones-Tuxtla_gt_México_-_fotos-propias_.html)

- El 15 de agosto de 2011 por lo menos 23 viviendas afectadas y 13 vehículos dañados por las corrientes pluviales es el saldo dejado por el paso de la onda tropical 14 tras las lluvias fuertes que generaron afectaciones menores en algunas colonias tuxtlecas de esta región Metropolitana, según el reporte de

En el Anexo 13.3 se anotan 90 inundaciones ocurridas durante los años 2008, 2009 y 2010 en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez reportadas por Protección Civil.

En la figura 4 se muestra un ajuste lineal del tiempo de retorno de las inundaciones en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, se puede observar que considerando las inundaciones históricas que se relataron en este documento, el periodo de retorno se puede dividir en dos grupos de los años de 1921 a 1984 la separación de inundaciones es de 12.6 años y entre los años de 1984 y 2011 es de 5.4 años (modificado de González, 2009). Lo anterior se debe al incremento poblacional que resulta en un cambio de uso de suelo y deforestación de la cuenca.

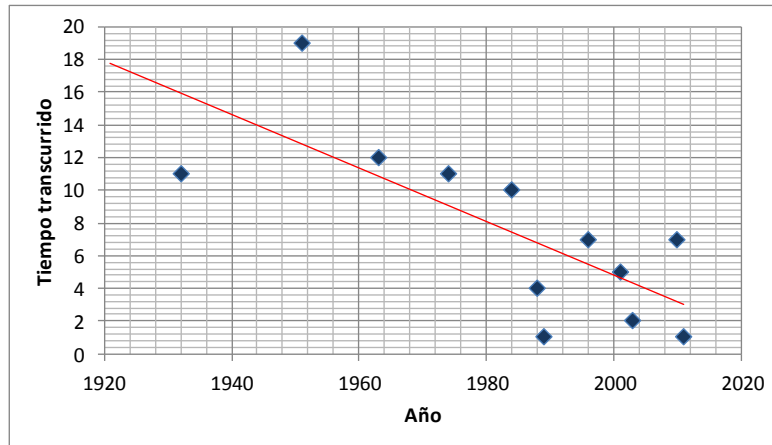


Figura 4. Ajuste lineal del decremento del periodo de retorno de las inundaciones en Tuxtla Gutiérrez, desde la de 1921 y hasta la de 2011 (modificado de González, 2009).

### 1.3. Fuentes documentales de evidencias de desastres en Tuxtla Gutiérrez<sup>4</sup>

Existen escasas fuentes documentales específicas de ocurrencia de peligros, vulnerabilidad, riesgos y desastres por las manifestaciones de fenómenos naturales en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, siendo estas de tipo general y refiriéndose por lo común al estado de Chiapas o al país en donde se hace referencia al estado. Entre otras son:

- Atlas Estatal de Riesgos, 1992.
- Atlas Estatal de Riesgos, 2004.
- Programa Estatal de Ordenamiento Territorial, 2005.
- Programa Estatal de Ordenamiento Ecológico.<sup>5</sup>

<sup>4</sup> Ver citas completas en bibliografía.

<sup>5</sup> Programa en proceso de validación.

- Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana desde los años 2000 a 2009.
- Plan Operativo de Protección Civil por Riesgo Sísmico para Chiapas.
- Ley Estatal de Protección Civil.

Las fuentes documentales más específicas que se refieren a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez son:

- Atlas de Riesgo Municipal. Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez, 2001.<sup>6</sup>
- Estudio de Aprovechamiento Hidráulico Integral y de Control de Inundaciones en la cuenca del río Sabinal, 2007.
- Plan Estatal de Desarrollo Chiapas Solidario 2007-2012.
- Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Actualización, 2007.
- Diagnóstico Ambiental de la cuenca del río Sabinal, 2009.
- Programa de Ordenamiento de la cuenca del río Sabinal, 2009.
- Plan de Contingencias para la Temporada de Lluvias para Tuxtla Gutiérrez, 2010 (IPC).
- Programa de Ordenamiento de la Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez, 2010.
- Libro del sismo de Villaflores Chiapas, su realidad y consecuencias, UNICACH, 2011.

<sup>6</sup> Esta obra es prácticamente desconocida y por lo tanto inédita.

### 1.4. Breve reseña histórica del proceso de ocupación de las áreas de riesgo de Tuxtla Gutiérrez

La ocupación histórica de las actuales áreas de riesgo en el municipio y ciudad de Tuxtla Gutiérrez está relacionada con el crecimiento histórico de la ciudad, la cual en el año de 1960 tenía 41,224 habitantes, en una superficie de 640 ha y una densidad de población de 64.41 hab/ha.

La migración que se dio con la construcción del Proyecto Hidroeléctrico Raudales Malpaso, aunada a la de los proyectos de la Angostura y posteriormente Chicoasén, generó un considerable incremento de la población que para 1970 ascendió a 66,851 habitantes, asentada en una superficie aproximada de 1,595 ha. Para 1980, con una tasa de crecimiento media anual de 9.55%, alcanzó la cifra de 166,476 habitantes y una superficie de alrededor de 3,500 ha., producto de la oferta de trabajo.

La conurbación con Terán, los sismos de Chiapa de Corzo y la migración provocada por los conflictos agrarios en los municipios de Simojovel, Huitiupán y El Bosque, incidieron en importantes modificaciones en la estructura físico-espacial de la ciudad, como consecuencia del crecimiento desordenado motivado principalmente por la ocupación ilegal del suelo (ver Figura 5).



Figura 5. Crecimiento de Tuxtla Gutiérrez a partir de 1984 y proyecciones al 2020. Fuente: H. Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez, 2007.

Históricamente la ocupación de la ciudad ocurre alrededor del río Sabinal “... en el siglo XVI, los conquistadores españoles encontraron en el valle de Tuxtla, la pequeña aldea de Coyactocmó que se dispersaba por entre los terrenos agrícolas de las otrora fértiles vegas del Sabinal...” (Ramos-Maza, 2002). El río Sabinal al igual que todos las corrientes de aguas superficiales y subterráneas del país, es considerada zona federal, la cual es definida por la Ley de Aguas Nacionales (2008) en su artículo 3º inciso 47 como “la faja de diez metros de anchura contigua al cauce de las corrientes o al vaso de los depósitos de propiedad nacional, medida horizontalmente a partir del nivel de aguas máximas ordinarias”.

El problema por la invasión de zonas federales, es producto de la falta de aplicación de los planes de desarrollo urbano y de penalizaciones por incurrir en este tipo de actos que violan

los preceptos establecidos en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. La solución no solo radica en hacer cumplir la ley, puesto que la problemática ha evolucionado con el paso de los años, y quienes incurren en esta falta, son parte de grupos sociales o empresariales, los cuales no solo deben ser retirados de las zonas federales, sino que resulta necesario ofrecerles alternativas que les permitan continuar con sus actividades normales y que satisfagan las exigencias de los mismos, respetando la ley para efectos de no crear vulnerabilidades, riesgos y desastres.

Actualmente el ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez y la Comisión Nacional del Agua tienen en proyecto un convenio para la desincorporación de la zona federal a favor del ayuntamiento para que administre y custodie las zonas federales en la mancha urbana de Tuxtla Gutiérrez. Esto debido a la problemática de la fuerte invasión de asentamientos humanos, inclusive al cauce del río Sabinal<sup>7</sup>. Asimismo existe un proyecto de la Secretaría de Infraestructura del Gobierno del Estado, de convertir las márgenes de este río en un andador peatonal y ciclovia, los cuales en caso de inundaciones, aunque de afectarse, tendrían un costo económico. La vivienda y otro tipo de equipamiento no se verían afectados.

Las montañas, pies de monte y mesetas del municipio fueron ocupados paulatinamente al paso del tiempo con el crecimiento de la población y la construcción primero de vivienda y posteriormente de su dotación de infraestructura y equipamiento en zonas inadecuadas para tales usos, ya sea por pendientes, suelos arcillosos, ubicados en zonas de fallas

<sup>7</sup> Comisión Nacional del Agua, Organismo de Cuenca Frontera Sur. 2009. México.

y fracturas sísmicas, de deslizamientos o de áreas naturales protegidas, como se verá en los apartados correspondientes, destacando la zona sur en las faldas del Mactumatzá y la zona norte oriente dentro de los límites del Parque Nacional Cañón del Sumidero.

### 1.5. Anteriores Atlas de Riesgos

En el caso del municipio de Tuxtla Gutiérrez, se elaboró un Atlas de Riesgo en el año de 2001 y para el estado de Chiapas, se elaboró uno en 1992 (publicado en 1993) y el más actualizado es el Atlas Estatal de Riesgos, 2004.

### 1.6. Leyes y fundamentos jurídicos

En la normatividad Federal tenemos:

#### Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

Sorprendentemente la Carta Magna del país no aborda el tema de riesgos y desastres por fenómenos naturales; sin embargo, el único artículo que podría estar relacionado con la temática es el 29:

Artículo 29. En los casos de invasión, perturbación grave de la paz pública, o de cualquier otro que ponga a la sociedad en grave peligro o conflicto, solamente el Presidente de los Estados Unidos Mexicanos, de acuerdo con los Titulares de las Secretarías de Estado y la Procuraduría General de la República y con la aprobación del Congreso de la Unión y, en los recesos de éste, de la Comisión Permanente, podrá suspender en todo el país o en lugar determinado las garantías que fuesen obstáculo para hacer frente, rápida y fácilmente a la situación; pero deberá hacerlo por un tiempo

limitado, por medio de prevenciones generales y sin que la suspensión se contraiga a determinado individuo. Si la suspensión tuviese lugar hallándose el Congreso reunido, éste concederá las autorizaciones que estime necesarias para que el Ejecutivo haga frente a la situación; pero si se verificase en tiempo de receso, se convocará sin demora al Congreso para que las acuerde.

### **Ley Federal de Planeación del Gobierno Federal**

En esta ley no se hace referencia al tema de riesgos y desastres por fenómenos naturales.

### **Ley General de Población**

Artículo 3º. Para los fines de esta ley, la Secretaría de Gobernación dictará y ejecutará o en su caso promoverá ante las dependencias competentes o entidades correspondientes, las medidas necesarias para:

XIII. Coordinar las actividades de las dependencias del sector público federal, estatal y municipal, así como las de los organismos privados para el auxilio de la población en las áreas en que se prevea u ocurra algún desastre.

### **Ley General de Desarrollo Social**

Artículo 5º. Para los efectos de esta Ley se entiende por:

VI. Grupos sociales en situación de vulnerabilidad: aquellos núcleos de población y personas que por diferentes factores o la combinación de ellos, enfrentan situaciones de riesgo o discriminación que les impiden alcanzar mejores niveles de

vida y, por lo tanto, requieren de la atención e inversión del Gobierno para lograr su bienestar.

Artículo 8º. Toda persona o grupo social en situación de vulnerabilidad tiene derecho a recibir acciones y apoyos tendientes a disminuir su desventaja.

Artículo 9º. Los municipios, los gobiernos de las entidades federativas y el Poder Ejecutivo Federal, en sus respectivos ámbitos, formularán y aplicarán políticas compensatorias y asistenciales, así como oportunidades de desarrollo productivo e ingreso en beneficio de las personas, familias y grupos sociales en situación de vulnerabilidad, destinando los recursos presupuestales necesarios y estableciendo metas cuantificables.

Artículo 19. Son prioritarios y de interés público:

III. Los programas dirigidos a las personas en condiciones de pobreza, marginación o en situación de vulnerabilidad.

IV. Los programas dirigidos a zonas de atención prioritaria.

### **Ley de Aguas Nacionales**

Artículo 3º. Para los efectos de esta Ley se entenderá por:

LXIII. "*Zona reglamentada*": Aquellas áreas específicas de los acuíferos, cuencas hidrológicas, o regiones hidrológicas, que por sus características de deterioro, desequilibrio hidrológico, riesgos o daños a cuerpos de agua o al medio ambiente, fragilidad de los ecosistemas vitales, sobreexplotación, así como para su reordenamiento y restauración, requieren un

manejo hídrico específico para garantizar la sustentabilidad hidrológica.

Artículo 7º. Se declara de utilidad pública:

IX. La prevención y atención de los efectos de fenómenos meteorológicos extraordinarios que pongan en peligro a personas, áreas productivas o instalaciones.

Artículo 9º. "La Comisión" es un órgano administrativo desconcentrado de "la Secretaría", que se regula conforme a las disposiciones de esta Ley y sus reglamentos, de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y de su Reglamento Interior.

Son atribuciones de "la Comisión" en su Nivel Nacional, las siguientes:

XL. Participar en el sistema nacional de protección civil y apoyar en la aplicación de los planes y programas de carácter federal para prevenir y atender situaciones de emergencia, causadas por fenómenos hidrometeorológicos extremos.

XLIII. Realizar las declaratorias de clasificación de zonas de alto riesgo por inundación y elaborar los atlas de riesgos conducentes.

XLIV. Coordinar el servicio meteorológico nacional y ejercer las funciones en dicha materia.

Artículo 12 BIS 6. Los Organismos de Cuenca, de conformidad con los lineamientos que expida "la Comisión", ejercerán dentro de su ámbito territorial de competencia las atribuciones siguientes:

VIII. Fomentar y apoyar el desarrollo de los sistemas de agua potable y alcantarillado; los de saneamiento, tratamiento y reúso de aguas; los de riego o drenaje y los de control de avenidas y protección contra inundaciones. En su caso, contratar o concesionar la prestación de los servicios que sean de su competencia o que así convenga con los Gobiernos de los estados o con terceros.

XXV. Participar en el Sistema Nacional de Protección Civil y apoyar en la aplicación de los planes y programas de carácter federal para prevenir y atender situaciones de emergencia, causadas por fenómenos hidrometeorológicos extraordinarios.

Artículo 13 BIS 4. Conforme a lo dispuesto a esta Ley y sus reglamentos, "la Comisión", a través de los Organismos de Cuenca, consultará con los usuarios y con las organizaciones de la sociedad, en el ámbito de los Consejos de Cuenca, y resolverá las posibles limitaciones temporales a los derechos de agua existentes para enfrentar situaciones de emergencia, escasez extrema, desequilibrio hidrológico, sobreexplotación, reserva, contaminación y riesgo o se comprometa la sustentabilidad de los ecosistemas vitales; bajo el mismo tenor, resolverá las limitaciones que se deriven de la existencia o declaración e instrumentación de zonas reglamentadas, zonas de reserva y zonas de veda. En estos casos tendrán prioridad el uso doméstico y el público urbano.

Artículo 14 BIS 2. El Servicio Meteorológico Nacional, unidad técnica especializada autónoma adscrita directamente al Titular de "la Comisión", tiene por objeto generar, interpretar y difundir la información meteorológica, su análisis y pronóstico, que se consideran de interés público y estratégico de acuerdo con lo establecido por la presente Ley y sus reglamentos.

Artículo 14 BIS 3. El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua es un organismo público descentralizado sectorizado a "la Secretaría", que tiene por objeto, de acuerdo con su instrumento de creación y estatuto orgánico, realizar investigación, desarrollar, adaptar y transferir tecnología, prestar servicios tecnológicos y preparar recursos humanos calificados para el manejo, conservación y rehabilitación del agua y su entorno, a fin de contribuir al desarrollo sustentable.

Artículo 15. La planificación hídrica es de carácter obligatorio para la gestión integrada de los recursos hídricos, la conservación de recursos naturales, ecosistemas vitales y el medio ambiente.

La formulación, implantación y evaluación de la planificación y programación hídrica comprenderá:

IV. Programas especiales o de emergencia que instrumente "la Comisión" o los Organismos de Cuenca para la atención de problemas y situaciones especiales en que se encuentre en riesgo la seguridad de las personas o sus bienes.

Artículo 83. "La Comisión", a través de los Organismos de Cuenca, en coordinación con los gobiernos estatales y municipales, o en concertación con personas físicas o morales, deberá construir y operar, según sea el caso, las obras para el control de avenidas y protección de zonas inundables, así como caminos y obras complementarias que hagan posible el mejor aprovechamiento de las tierras y la protección a centros de población, industriales y, en general, a las vidas de las personas y de sus bienes, conforme a las disposiciones del Título Octavo.

"La Comisión", en los términos del reglamento, y con el apoyo de los Organismos de Cuenca, clasificará las zonas en atención a sus riesgos de posible inundación, emitirá las normas y recomendaciones necesarias, establecerá las medidas de operación, control y seguimiento y aplicará los fondos de contingencia que se integren al efecto.

Los Organismos de Cuenca apoyarán a "la Comisión", de conformidad con las leyes en la materia, para promover, en su caso, en coordinación con las autoridades competentes, el establecimiento de seguros contra daños por inundaciones en zonas de alto riesgo, de acuerdo con la clasificación a que se refiere el párrafo anterior.

Artículo 84. "La Comisión" determinará la operación de la infraestructura hidráulica para el control de avenidas y tomará las medidas necesarias para dar seguimiento a fenómenos climatológicos extremos, promoviendo o realizando las acciones preventivas que se requieran; asimismo, realizará las acciones necesarias que al efecto acuerde su Consejo Técnico para atender las zonas de emergencia hidráulica o afectadas por fenómenos climatológicos extremos, en coordinación con las autoridades competentes.

Para el cumplimiento eficaz y oportuno de lo dispuesto en el presente Artículo, "la Comisión" actuará en lo conducente a través de los Organismos de Cuenca.

Artículo 86. "La Autoridad del Agua" tendrá a su cargo, en términos de Ley:

IX. Promover o realizar las medidas necesarias para evitar que basura, desechos, materiales y sustancias tóxicas, así como lodos producto de los tratamientos de aguas residuales,



de la potabilización del agua y del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, contaminen las aguas superficiales o del subsuelo y los bienes que señala el Artículo 113 de la presente Ley.

X. Instrumentar en el ámbito de su competencia un mecanismo de respuesta rápido, oportuno y eficiente, ante una emergencia hidroecológica o una contingencia ambiental, que se presente en los cuerpos de agua o bienes nacionales a su cargo.

Artículo 96 BIS 2. Se consideran como obras públicas necesarias que competen al Ejecutivo Federal a través de "la Comisión", las que:

III. Controlen, y sirvan para la defensa y protección de las aguas nacionales, así como aquellas que sean necesarias para prevenir inundaciones, sequías y otras situaciones excepcionales que afecten a los bienes de dominio público hidráulico; sin perjuicio de las competencias de los Gobiernos Estatales o Municipales.

### **Ley General de Protección Civil**

Artículo 1º. La presente Ley es de orden público e interés social y tiene por objeto establecer las bases de la coordinación en materia de protección civil, entre la Federación, las Entidades Federativas y los Municipios.

Artículo 12º. La coordinación ejecutiva del Sistema Nacional recaerá en la Secretaría de Gobernación, la cual tiene las atribuciones siguientes en materia de protección civil:

XVII. Desarrollar y actualizar el Atlas Nacional de Riesgos.

### **Ley General de Asentamientos Humanos**

Artículo 2º. Para los efectos de esta Ley, se entenderá por:

III. Centros de población: las áreas constituidas por las zonas urbanizadas, las que se reserven a su expansión y las que se consideren no urbanizables por causas de preservación ecológica, prevención de riesgos y mantenimiento de actividades productivas dentro de los límites de dichos centros; así como las que por resolución de la autoridad competente se provean para la fundación de los mismos.

Artículo 3º. El ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y el desarrollo urbano de los centros de población, tenderá a mejorar el nivel y calidad de vida de la población urbana y rural, mediante:

XII. La prevención, control y atención de riesgos y contingencias ambientales y urbanas en los centros de población.

Artículo 6º. El programa nacional de desarrollo urbano, en su carácter sectorial, se sujetará a las previsiones del Plan Nacional de Desarrollo, y contendrá:

VII. Las estrategias generales para prevenir los impactos negativos en el ambiente urbano y regional originados por la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población.

Artículo 33. Para la ejecución de acciones de conservación y mejoramiento de los centros de población, además de las previsiones señaladas en el artículo anterior, la legislación

estatal de desarrollo urbano establecerá las disposiciones para:

VI. La prevención, control y atención de riesgos y contingencias ambientales y urbanas en los centros de población.

Artículo 49. La participación social en materia de asentamientos humanos comprenderá:

IX. La prevención, control y atención de riesgos y contingencias ambientales y urbanas en los centros de población.

### **Ley General de Vida Silvestre**

Artículo 71. [...] En casos de desastres naturales o derivados de actividades humanas, la Secretaría podrá establecer vedas temporales al aprovechamiento como medida preventiva y complementaria a otras medidas, con la finalidad de evaluar los daños ocasionados, permitir la recuperación de las poblaciones y evitar riesgos a la salud humana [...].

Artículo 117. Cuando exista riesgo inminente de daño o deterioro grave a la vida silvestre o a su hábitat, la Secretaría, fundada y motivadamente, ordenará la aplicación de una o más de las siguientes medidas de seguridad:

I. El aseguramiento precautorio de los ejemplares, partes y derivados de las especies que correspondan, así como de los bienes, vehículos, utensilios, herramientas, equipo y cualquier instrumento directamente relacionado con la acción u omisión que origine la imposición de esta medida.

II. La clausura temporal, parcial o total de las instalaciones, maquinaria o equipos, según corresponda, para el aprovechamiento o almacenamiento de los sitios o instalaciones en donde se desarrollen los actos que generen los supuestos a que se refiere el primer párrafo de este artículo.

III. La suspensión temporal, parcial o total de la actividad que motive la imposición de la medida de seguridad.

IV. La realización de las acciones necesarias para evitar que se continúen presentando los supuestos que motiven la imposición de la medida de seguridad.

### **Ley General de Salud**

Artículo 3º. En los términos de esta Ley, es materia de salubridad general:

XV. La prevención y el control de los efectos nocivos de los factores ambientales en la salud del hombre.

Artículo 58. La comunidad podrá participar en los servicios de salud de los sectores público, social y privado a través de las siguientes acciones:

II. Colaboración en la prevención o tratamiento de problemas ambientales vinculados a la salud.

Artículo 96. La investigación para la salud comprende el desarrollo de acciones que contribuyan:

III. A la prevención y control de los problemas de salud que se consideren prioritarios para la población.

Artículo 116. Las autoridades sanitarias establecerán las normas, tomarán las medidas y realizarán las actividades a que se refiere esta Ley tendientes a la protección de la salud humana ante los riesgos y daños dependientes de las condiciones del ambiente.

Artículo 182. En caso de emergencia causada por deterioro súbito del ambiente que ponga en peligro inminente a la población, la Secretaría de Salud adoptará las medidas de prevención y control, indispensables para la protección de la salud; sin perjuicio de la intervención que corresponda al Consejo de Salubridad General y a la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

### **Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012**

Precisa como una estrategia hacer de la Prevención de desastres y la Gestión del Riesgo una política de desarrollo sustentable. Esta decisión se basa en la legislación nacional vigente en materia de Riesgos y Protección Civil.

En la normatividad Estatal tenemos:

### **Constitución Política del Estado de Chiapas**

En su artículo 82-bis, señala *“que la protección ciudadana es una función a cargo del estado y sus municipios [...] así como la protección civil del estado”*.

### **Ley Estatal de Planeación**

En esta ley no se hace referencia al tema de riesgos y desastres por fenómenos naturales.

### **Ley de Desarrollo Urbano Estatal**

Artículo 103. Tomando en consideración que los propósitos del ordenamiento territorial y el desarrollo urbano para el mejoramiento del nivel y calidad de vida de la población se lograrán mediante la participación de los sectores social y privado en la solución de los problemas que generan la convivencia en los asentamientos humanos, estos sectores tendrán participación deliberante en:

IX. La prevención, el control y la atención de riesgos y contingencias ambientales en los centros de población y comunidades rurales.

### **Ley Orgánica Municipal del Estado de Chiapas**

Esta ley señala en su artículo 1º, que es de orden público y tiene por objeto establecer las bases generales de la organización y régimen interior de los municipios del estado de Chiapas, respetando la libertad y autonomía que les otorga la Constitución Política del Estado. Tuvo su última reforma en el Decreto 220, Periódico Oficial N° 055 de fecha 24 de octubre del 2000, publicado en el Periódico Oficial N° 2, S. I., Decreto 15 de fecha 31 de diciembre del año 1988.

Esta ley sólo señala en su Artículo 158. Los bandos de policía deberán contener como mínimo las siguientes disposiciones:

III. Prevención de siniestros

### **Ley de Protección Civil para el Manejo Integral de Riesgos de Desastres del Estado de Chiapas**

El 30 de marzo de 2011 se decretó la nueva Ley de Protección Civil para el Estado de Chiapas. Esta ley en su conjunto es relevante al tema debido a que en la totalidad de su contenido aborda como su nombre lo indica temas relacionados al manejo integral de riesgos de desastres.

Para los fines del presente trabajo baste señalar que el artículo 5º incorpora un glosario refiriéndose al Atlas de Peligros y no al Atlas de Riesgos. Asimismo en el artículo 26 se refiere al Instituto de Protección Civil cuya competencia es ejecutar las acciones de identificación y reducción de riesgos, así como la atención a emergencias; no obstante por su extensión no se considera conveniente incluir las numerosas referencias al respecto, sugiriendo su consulta al lector interesado.

### **Reglamento de Protección Civil del Municipio de Tuxtla Gutiérrez**

Artículo 10. Le corresponde a la dirección de protección civil municipal las siguientes atribuciones:

III. Identificar y diagnosticar los riesgos a que está expuesta la población del municipio y alertar a la población, al mismo tiempo elaborar el Atlas Municipal de Riesgos.

Artículo 23. El Sistema Municipal de Protección Civil contará para su adecuado funcionamiento con:

II. Atlas nacional, estatal y municipal de riesgos.

### **Ley de Desarrollo Urbano de Tuxtla Gutiérrez**

Artículo 103. Tomando en consideración que los propósitos del ordenamiento territorial y del desarrollo urbano para el mejoramiento del nivel y calidad de vida de la población, se logrará mediante la participación de los sectores social y privado en la solución de los problemas que generan la convivencia en los asentamientos humanos, estos sectores tendrán participación deliberante en:

IX. La prevención, control y atención de riesgos y contingencias ambientales en los centros de población y comunidades rurales.

### **Reglamento de Construcción para el Municipio de Tuxtla Gutiérrez**

Capítulo V. Restricciones a las Construcciones:

Artículo 37. La Secretaría aplicará lo establecido en el programa, las restricciones en las zonas de riesgo y vulnerabilidad que juzgue necesarias para la construcción o para uso de los bienes inmuebles ya sea en forma general, en fraccionamientos, en lugares o predios específicos y los hará constar en los permisos, licencias o constancias de alineamiento o zonificación que expida, quedando obligados a respetarlas los propietarios o poseedores de los inmuebles, tanto públicos como privados.

### **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente**

Regulación ambiental de los asentamientos humanos:

Artículo 23. Para contribuir al logro de los objetivos de la política ambiental, la planeación del desarrollo urbano y la vivienda, además de cumplir con lo dispuesto en el artículo 27 constitucional en materia de asentamientos humanos, considerará los siguientes criterios:

III. En la determinación de las áreas para el crecimiento de los centros de población, se fomentará la mezcla de los usos habitacionales con los productivos que no representen riesgos o daños a la salud de la población y se evitará que se afecten áreas con alto valor ambiental.

Artículo 30. Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente. Cuando se trate de actividades consideradas altamente riesgosas en los términos de la presente Ley, la manifestación deberá incluir el estudio de riesgo correspondiente.

### Ley Ambiental del Estado de Chiapas

Artículo 2º. Son de utilidad pública en esta materia:

VI. La prevención de riesgos y contingencias ambientales, así como la ejecución de las medidas de seguridad y de urgente aplicación que implementen las autoridades

estatales, municipales y federales con motivo de dichos riesgos o contingencias; y,

VII. El establecimiento de zonas intermedias de salvaguarda, por la presencia o realización de actividades riesgosas que afecten o puedan afectar el equilibrio de los ecosistemas, la seguridad de las personas en los centros de población o al ambiente del Estado en general o de uno o varios de los municipios que lo conforman.

### Plan de Desarrollo Chiapas Solidario 2007-2012

Establece como estrategia *“Proporcionar asesoría a las Unidades Municipales de Protección Civil en la elaboración de los Atlas Municipales de Riesgos, Cuadernos de Información Municipal y Planes de Contingencia, priorizando en éstos a los municipios que presentan un mayor índice de riesgo en fenómenos perturbadores, como son los ubicados en las zonas Istmo-Costa, Soconusco y Sierra”* (Secretaría de Planeación y Desarrollo Sustentable, 2008:1).

### Programa de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Chiapas

En su eje estratégico III: Reducción de la vulnerabilidad física y social, plantea tres apartados:

1. A.3.1. Reducción de la vulnerabilidad en asentamientos humanos.
2. A.3.2. Reducción de la vulnerabilidad de los sectores productivos.
3. A.3.3. Reducción de la vulnerabilidad de la infraestructura.

## II. INTRODUCCIÓN

El municipio de Tuxtla Gutiérrez tiene como cabecera municipal (del mismo nombre) a la capital del estado de Chiapas; es el lugar central de la Región I Metropolitana y de las regiones II) Valles-Zoque, III) Mezcalapa y IV) Los Llanos, las cuales antes formaban parte de la región I Centro, conformada anteriormente por 22 municipios. La población de las regiones interactúa dinámicamente con la ciudad de Tuxtla Gutiérrez debido a que concentra la mayor cantidad de servicios administrativos, infraestructura y equipamiento del estado, así como una importante actividad comercial y de servicios urbanos, incluido (funcionalmente) el aeropuerto internacional Ángel Albino Corzo. Esta situación coloca a Tuxtla Gutiérrez como la localidad de mayor importancia política y socioeconómica de la entidad.

La ciudad de Tuxtla Gutiérrez se ha extendido sobre las circunscripciones vecinas de Chiapa de Corzo y Berriozábal y de estas en la periferia de la capital del estado, conformando la Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez que se suma a las otras 55 zonas metropolitanas del país (Sedesol/Conapo/INEGI, 2005) dando lugar a conurbaciones que generan complejos desafíos de tipo funcional, económico, social, ambiental y político, condición que hay que considerar en la evaluación de riesgos de la capital y municipio de Tuxtla Gutiérrez.

Municipio y ciudad han padecido históricamente diversos eventos por las manifestaciones de fenómenos geológicos e hidrometeorológicos, los que convierten al territorio en vulnerable y en riesgo de desastres, situación a considerar debido a la concentración de población e infraestructura señalada. En este sentido la Sedesol (2002) señala que los

Atlas de Peligros y/o Riesgos representan “una herramienta rectora para definir acciones programáticas y presupuestales enfocadas a guiar el desarrollo territorial en espacios seguros, ordenados y habitables”. Uno de los objetivos de la elaboración de este atlas, se refiere a que “cada municipio sea capaz de ubicar e identificar el tipo y grado de riesgos existentes de acuerdo con el origen natural de los mismos” (Sedesol, 2009: 2).

La presencia de numerosos bancos de extracción minera y de gasolineras debido al crecimiento intenso de la ciudad, así como la ocupación de suelo para construcción de vivienda, que ocupan zonas con vegetación nativa, de recarga de acuíferos o de riesgo potencial en las cercanías de ríos, contribuyen a la conformación de un territorio de vulnerabilidad creciente que requiere de un Atlas de Riesgos y de un Programa de Ordenamiento Territorial para tomar medidas precautorias que minimicen dichos riesgos.

### 2.1 Objetivo general

Contar con un documento que aporte los lineamientos básicos para diagnosticar, ponderar y detectar los riesgos, peligros y vulnerabilidad, en el espacio geográfico a través de criterios estandarizados, catálogos y bases de datos homologadas, compatibles y complementarias.

### 2.2 Objetivos específicos

1. Presentar los elementos mínimos cartografiables que se deben considerar en la elaboración de los Atlas.
2. Proporcionar los lineamientos para la generación, validación y representación cartográfica de la información temática de las zonas de riesgo.

3. Homologar el diccionario de datos con la finalidad de obtener instrumentos confiables y capaces de integrarse a una base de datos nacional.
4. Hacer posible la consulta y análisis de información de los diferentes peligros de origen natural que afectan al territorio nacional.

### 2.3 Estructura metodológica general

La **Guía para la elaboración de Atlas de Riesgos y/o Peligros: Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo** (Sedesol, 2009) fue la base de la realización del presente Atlas de Riesgos.

De acuerdo con lo anterior, el Atlas de Riesgos para el Municipio de Tuxtla Gutiérrez se desarrolló a partir de tres elementos sustantivos:

- I. Evidencias que se pueden encontrar al realizar el estudio de los sistemas perturbadores en campo y/o en documentos escritos o cartográficos.
- II. Indicadores de vulnerabilidad (grupo de evidencias físicas o documentales que se relacionan con la ocurrencia de los procesos naturales de sistemas perturbadores de origen natural).
- III. Zonificación cartográfica de peligros, vulnerabilidad y riesgos a través de un sistema SIG digital (vectorial) e impreso, en la que se determinan las zonas de riesgo ante los diferentes tipos de fenómenos perturbadores.

El proyecto inició en diciembre de 2010 liderado por un especialista en competitividad municipal, con la integración de un equipo multidisciplinario coordinado por un especialista en

riesgos por fenómenos naturales e ingeniería sísmica. El equipo incluyó un especialista en ordenamiento territorial y planeación urbana, un geofísico, un geógrafo, un vulcanólogo, una hidrogeóloga, una economista, un especialista en SIG, dos especialistas en informática, una especialista en administración del medio ambiente y un arquitecto apoyados por asistentes en dichos temas y por encuestadores.

El Cenapred, a través de su dirección de gestión de riesgos, nos orientó en cuestiones metodológicas y nos aportó bibliografía substancial para el desarrollo del presente Atlas. La dirección de Gestión de Riesgos de la Sedesol nos planteó su visión de esta institución sobre el tema y también nos aportó bibliografía básica.

El equipo realizó trabajo de campo a lo largo de la cuenca del río Sabinal, en la zona norte (Cañón del Sumidero y zonas aledañas), en la zona sur (Cerro Hueco, Cerro Mactumatzá, Copoya, colonias Cuevas del Jaguar, Lomas de Oriente, FETSSE Chiapas, Lomas Verdes, Coquelexquitzan, Colesquitzan, San José Libramiento, Diana Laura, Bosque del Sur, San Pedro de los Ángeles, Unión de ríos San Francisco - Sabinal y relleno sanitario-Proactiva) y en la zona urbana (Las Palmas, Residencial Campestre) para registrar evidencias de inundaciones, deslizamientos, hundimientos, fallas, erosión kárstica, entre otros aspectos.

Con motivo de conocer la percepción de riesgo de la población urbana, se realizaron 1,300 encuestas en 65 colonias aplicando 20 encuestas en cada una de ellas. (Ver colonias encuestadas en el anexo 13.1). En el anexo 13.2 se integra el cuestionario aplicado derivado del desarrollo de un experimento estadístico y la aplicación de la fórmula universal

de la muestra, todo esto producto de la segmentación de tres áreas de la ciudad expuestas a riesgos (ver Figura 6):

- Zona Centro (oriente a poniente): amenaza hidrológica, hundimientos, erosión hídrica, zona sujeta a inundación por el río Sabinal y zona con mayores daños históricos por sismo.
- Zona Sur: derrumbes, flujos, amenaza sísmica alta y geomorfológica.
- Zona Norte: erosión hídrica, amenaza sísmica alta y geomorfológica.

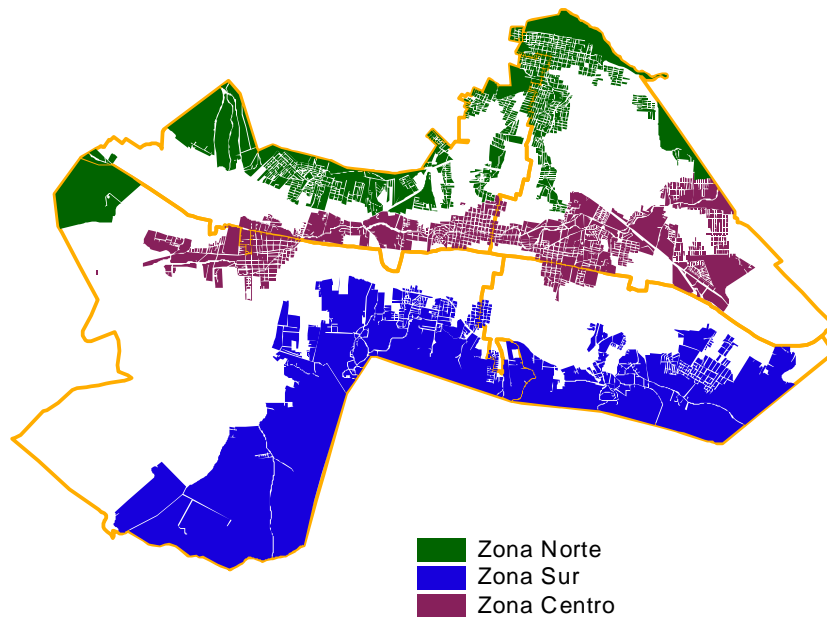


Figura 6. Zonas donde se aplicaron las encuestas.

Asimismo se realizaron 12 talleres internos de discusión de trabajo de campo, gabinete y de integración de la información.

Los avances de resultados de presentaron en tres talleres (enero, febrero y marzo de 2011) para su evaluación ante diversas autoridades municipales y federales.

La zonificación de los riesgos, se realizó con base en la identificación de peligros por fenómenos perturbadores de origen natural en el área de estudio, analizando su periodicidad, área de ocurrencia y grado o nivel de impacto sobre el sistema afectable vulnerabilidad y riesgos resultantes. Dicha zonificación se efectuó por medio de un Sistema de Información Geográfica (SIG), generando cartografía digital (vectorial) e impresa. En relación con dicha cartografía se realizó un análisis de peligros, caminamientos, información de protección civil e identificando las zonas que son las más propensas a sufrir desastres, cuantificando la población de acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2010, así como la principal infraestructura y equipamiento existente en dichas zonas.

### 2.3.1. Integración de la base geográfica digital

Para realizar fácilmente la búsqueda de información en el CD/DVD de la base generada, se optó por crear una estructura de carpetas, las cuales están secuencialmente nombradas de acuerdo al orden de aparición de las temáticas de riesgo según lo establece la guía metodológica usada en este proyecto. El directorio principal es una carpeta llamada *ATLAS\_DE\_RIESGO\_TG*, que contiene los documentos y resultados por escrito de la realización de este proyecto.



### 2.3.2. Diccionarios de datos

Los Diccionario de datos para los mapas del Atlas de Riesgos de Tuxtla Gutiérrez se elaboraron según el formato de la guía metodológica establecida por Sedesol para este estudio. La escala es 1:50,000 y contiene los nombres, definiciones y las características de los objetos espaciales, que descritos bajo especificaciones comunes dan lugar a la generación de estos datos espaciales.<sup>1</sup>

El diccionario elaborado cuenta con los diagramas y notas pertinentes que facilitan la comprensión de las características de cada entidad, en su caso, y de un diagrama general que resume y ejemplifica las diferentes relaciones que contienen los datos y que avala la BGD.<sup>2</sup>

### 2.3.3. Metadatos

Existen diversos tipos de metadatos, los más conocidos son: metadatos generales, para la descripción, para presentaciones, para la industria y el comercio electrónico, para multimedia, para la educación y el aprendizaje, para el gobierno y la administración y los metadatos geoespaciales, que son indispensables en los SIG, por ejemplo los metadatos según estándares internacionales como los de la CSDGM (*Content Standard for Digital Geospatial Metadat*) o la FGDC (*Federal Geographic Data Committee*).

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), contempla este rubro de metadatos y lo define como datos altamente estructurados que describen información, el contenido, la calidad, la condición y otras características de

los datos<sup>8</sup>. Es "*información sobre información*" o "*datos sobre los datos*"<sup>9</sup>. El INEGI también ha adoptado el estándar de la FGDC para la elaboración de metadatos que resultan mucho más detallados, que el modelo que usa Sedesol. De tal forma que para este estudio se optó por el uso de un estándar internacional incluyente del formato que precisa Sedesol.

Esto conllevó a triplicar los recursos para la elaboración de tales metadatos pero las ventajas son sustantivamente más aprovechables que el formato de Sedesol. La principal ventaja que se presenta es que se usa un modelo estándar internacional que multiplica el uso y funcionalidad de la geoinformación generada en este estudio. Lo anterior redundó en la construcción de una base sólida que permita en un futuro la actualización de información y la apertura de nuevas líneas de investigación en los temas que de riesgo se han tratado en este atlas.

Con base a lo anterior, la información más importante que deben incluir los metadatos es:

- Identificación: título, área incluida, temas, actualidad, restricciones, etc.
- Calidad de los datos: precisión, a qué nivel están completos los datos, linaje.

<sup>8</sup> INEGI. (2010). *Metadatos de geografía*. México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/metadatos/default.aspx>

<sup>9</sup> INEGI. (2010). *Metadatos de geografía (normatividad)*. México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/normatividad/metadatos/index.cfm>

- Organización de los datos especiales: vector, raster, punto.
- Referencia espacial: proyección, datum, sistemas de coordenadas.
- Entidad y atributos: información acerca de entidades, atributos, dominio de valores de los atributos, entre otros.
- Distribución: distribuidor, formatos, medios, estatus, precio.
- Referencia de los metadatos: nivel de actualización, institución o persona responsable.

La Sedesol contempla la estructuración del metadato con los rubros anteriores organizados en secciones.<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Sedesol (2009–2010). *Bases para la elaboración de mapas de riesgos.pdf* Sedesol 2009 – 2010.

### III. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### 3.1. Localización

El municipio de Tuxtla Gutiérrez está ubicado en la Depresión Central del estado de Chiapas presentando relieve montañoso al norte y al sur. Su extensión territorial es de 412.40 km<sup>2</sup>, lo que representa el 3.26% de la región Centro y el 0.55% de la superficie estatal. El municipio limita al norte con los municipios de San Fernando y Usumacinta, al este con Chiapa de Corzo, al sur con Suchiapa y al oeste con Ocozocoautla y Berriozábal (ver Figuras 7 y 8).



Figura 7. Estado de Chiapas.

La cabecera municipal es a su vez la capital del estado y lugar central de la región I Metropolitana como hemos señalado y se ubica en un valle de laderas tendidas. Las coordenadas de la ciudad son: 16° 45' 10" de latitud norte y 93° 07' 00" de

longitud oeste y se ubica a una altitud de 600 metros sobre el nivel del mar.

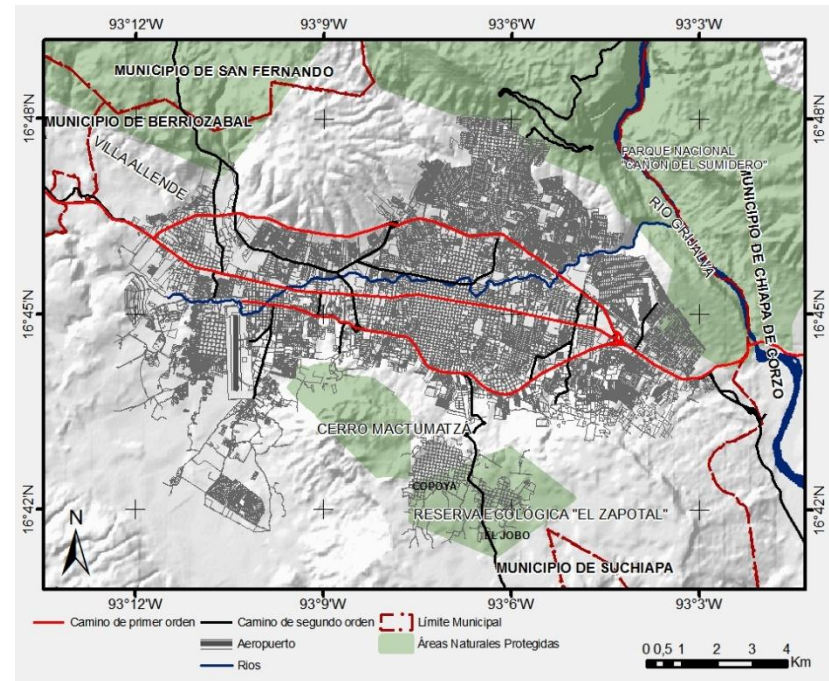


Figura 8. Municipio de Tuxtla Gutiérrez.

#### 3.2. Principales características municipales

El territorio municipal se conforma de sierras altas con laderas tendidas, llanuras con aportes aluviales y mesetas por erosión entre las que destacan Tierra Colorada, Loma Larga y Nido de Águilas.

En el parteaguas norte, prevalece un conjunto de sierras cuya altitud no rebasa los 1,200 msnm, lo cual motiva que el relieve

presente una serie de lomeríos de pendientes suaves, que originan un modelo erosional representativo de una baja densidad de drenaje. En la región de estudio se encuentran formaciones como el Cañón del Sumidero y Cerro Mactumatzá, lugares de belleza natural que forman parte del paisaje municipal y urbano.

Otras formas menores se localizan en la Subcuenca río Sabinal y son el cerro “Charro Negro”, cerro “La Calabaza”, “Cerro Hueco”, Barranca “La Cotorra”, “Paso del Burro”, Cañada “El Chupadero”, cerro “Redondo”, Loma “La Vara”, cerro “Shumzum”, cerro “Tapangozoc”, “Loma Verde”, Loma “Tambor”, Loma “Tapaí”, Mesa “Nido de Águilas” (INEGI, cartas topográficas 1:50,000 Tuxtla Gutiérrez E15C69 y Chicoasén E15C59; Semavi, 2007). El municipio cuenta con 4,920,077 ha de áreas naturales protegidas, que representan 14.51% de la superficie municipal y 0.3% del territorio estatal (ver Figura 9).

Estas condiciones como se señaló en los antecedentes aunados a la riqueza hidrológica del municipio y el crecimiento de la ciudad capital, convierten a esta en una zona vulnerable y de riesgos por fenómenos perturbadores de origen natural.

En materia de comunicaciones, el municipio está conectado por vialidad regional con el centro del país a través de la carretera Panamericana y con la autopista que conduce al Puente Chiapas. A través de estas carretas se comunica al noroeste con los municipios de San Fernando, Berriozábal, Ocozocoautla y Cintalapa. Al sur con los municipios de Suchiapa y Villaflores y al este a través de la carretera que conduce al Aeropuerto Internacional Ángel Albino Corzo con los municipios de Acala y Venustiano Carranza. Asimismo a través de la carretera Panamericana al oeste y con la

carretera rápida con Chiapa de Corzo y San Cristóbal de Las Casas.

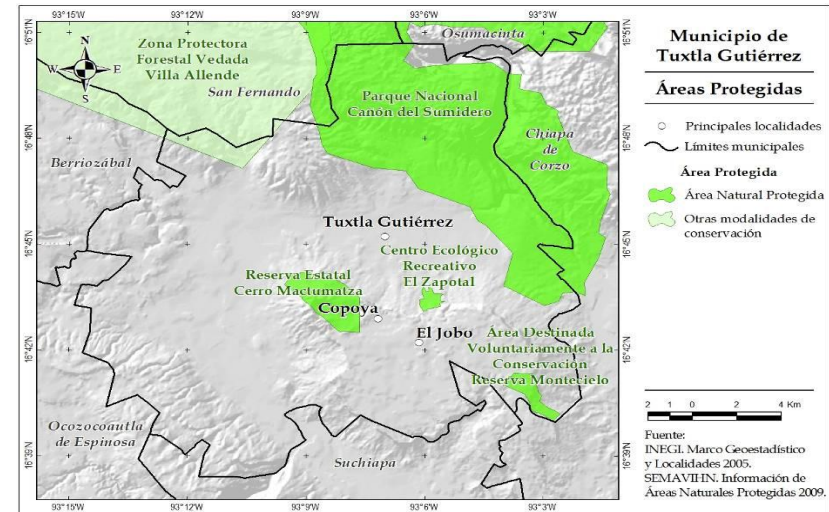


Figura 9. Áreas Naturales Protegidas en el Municipio de Tuxtla Gutiérrez. Fuente: INEGI 2005.

La ciudad es atravesada por la carretera Panamericana de Oeste a Este y que en la ciudad toma los nombres de bulevar Ángel Albino Corzo y Belisario Domínguez. La traza vial de la ciudad es más bien discontinua, debido a diferentes elementos naturales y edificaciones que interrumpen de un modo u otro la prolongación de sus calles y avenidas, tales como el río Sabinal y sus afluentes, la topografía abrupta en sus costados norte y sur, así como de grandes extensiones destinadas para el equipamiento y que alguna vez se establecieron en las afueras de la ciudad y que en la actualidad ya están rodeados por la entrecortada traza urbana.

Aun con la construcción de nuevos y anchos bulevares y la apertura de más calles y avenidas alternas, el alto incremento del parque vehicular que circula diariamente por toda la ciudad, ha hecho que el tráfico sea cada vez más lento, dificultoso y complejo, tanto en vialidades regionales y primarias, así como en vías secundarias y locales, siendo más notorio este problema en el centro urbano y en las zonas más comerciales de la ciudad (H. Ayuntamiento Tuxtla Gutiérrez, 2007).

Acorde a la guía metodológica se elaboró el mapa base como fundamento de la cartografía del Atlas de Riesgos (Figura 10).

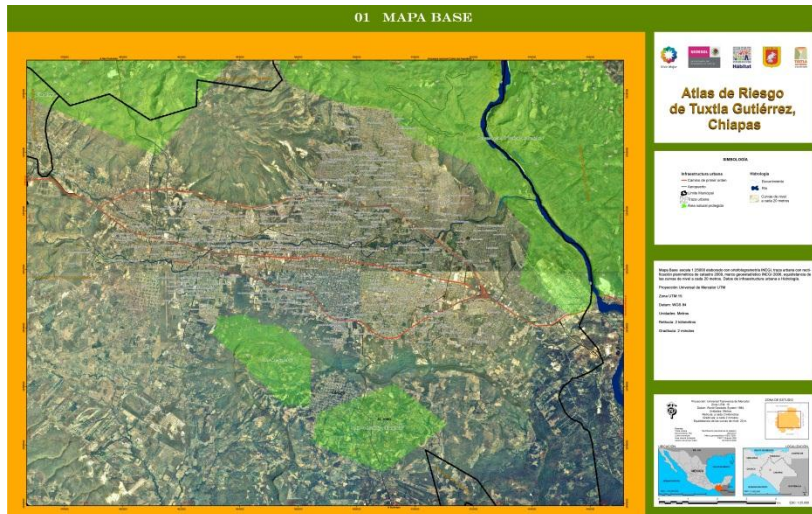


Figura 10. Mapa base del municipio y ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

## IV. CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS DEL MEDIO NATURAL

### 4.1. Geología

Con base en la información reportada en la carta Geológica – Minera “Tuxtla Gutiérrez E15-11” escala 1:250,000 del año 2005 elaborada por el Servicio Geológico Mexicano y en las observaciones de campo, se puede decir que en el municipio de Tuxtla Gutiérrez existen tres zonas en donde se encuentra una asociación de caliza y dolomita (ver Foto 5), las cuales son rocas formadas por carbonatos de origen químico. La primera de ellas se ubica en la parte más septentrional de la poligonal municipal, la segunda se localiza al noroeste de la ciudad capital, y la tercera se encuentra al sureste cerca del basurero municipal. Este tipo de litología pertenece al Cretácico Inferior del Aptiano de la formación Sierra Madre; por tanto, se le estima una edad de 115 millones de años. Es importante señalar que sobre estas tres áreas se manifiestan estructuras geológicas como los anticlinales: el Sumidero, Turipache y Suchiapa; así como la falla Tuxtla (ver Foto 6), todas ellas con un rumbo dominante noroeste – sureste.

Otro tipo de litología presente en la zona de estudio es la asociación de caliza con lutita (ver Foto 7), ambas están referidas al Cretácico Superior del Campaniano – Mastrichtiano de la formación Ocozocoautla - Angostura, por tanto, se les confiere una edad de 83 millones de años. Estos tipos de roca se encuentran de forma continua al norte, noroeste, oeste y sureste del sinclinal Copoya.



Foto 5. Afloramiento de calizas al norte de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.



Foto 6. Falla geológica Tuxtla al norte de la ciudad.



Foto 7. Afloramiento de caliza-lutita en la colonia Las Granjas al norte de la ciudad.

Además, es importante señalar la presencia de otra agrupación compuesta por lutita-arenisca (ver Foto 8), dichas rocas son sedimentarias clásticas, las cuales reconocen al Paleoceno del periodo Terciario y están ligadas a la formación Soyaló, por lo que se les calcula una edad de aproximadamente 67 millones de años; estos tipos de rocas se localizan alrededor de la estructura geológica antes mencionada.

Como parte del inventario litológico, se debe mencionar la presencia de una asociación conformada por limolita - arenisca, la cual rodea el sinclinal Copoya a través de un

polígono ubicado de forma contigua a la agrupación litológica antes señalada.

De acuerdo al documento cartográfico consultado (Servicio Geológico Mexicano, 2005), los presentes tipos de rocas pertenecen al Eoceno del Paleógeno Terciario de la formación El Bosque, por lo que se les atribuye una edad de 55 millones de años. Además de lo anterior, es importante señalar la presencia de caliza asociada con arenisca en la parte alta de la “Mesa de Copoya”, dichos tipos de rocas presentan la misma edad que la asociación antes descrita.



Foto 8. Afloramiento de lutita-arenisca al sur de la ciudad.

Por último, sobre el valle de Tuxtla con un rumbo Oeste–Este se ubica un depósito aluvial, el cual pertenece al Holoceno del Cuaternario.

## 4.2. Fisiografía

El municipio de Tuxtla Gutiérrez está situado en la parte Centro – Occidente del estado de Chiapas, lugar en donde se encuentra la Provincia Fisiográfica “Depresión de Chiapas” según Mullerried, F. (1957) y Lugo, J. (1990), la cual está constituida por una serie de depresiones amplias de fondo plano a ondulado, las cuales son interrumpidas por montañas, lomeríos, y colinas (ver Figura 11).

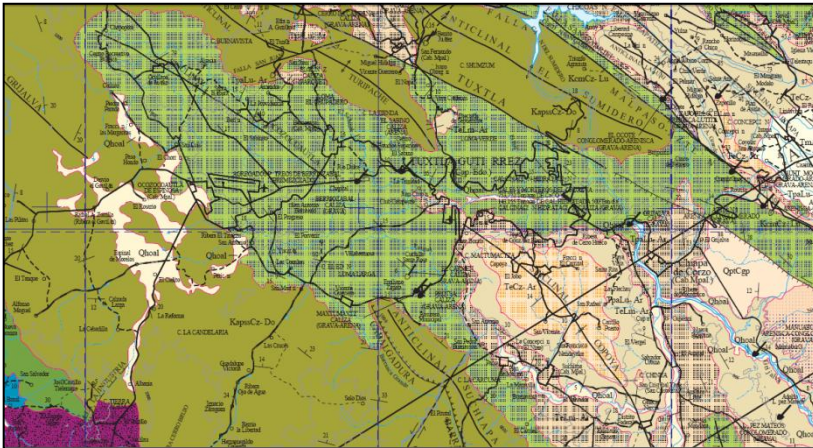


Figura 11. Mapa geológico del municipio de Tuxtla Gutiérrez.

Por lo anterior, se encontró que las elevaciones de mayor altitud (hasta 1,300 m.), se localizan en la parte Norte del municipio en los terrenos del Parque Nacional Cañón del Sumidero; sin embargo, existen otras montañas que reflejan un valor menor (entre los 900 y 1,100 m.), las cuales se localizan al Noroeste, Sur y Sureste de la capital chiapaneca, los puntos orográficos más destacados por su altura relativa son el Cerro Mactumatzá, la Loma del Taraí, el Cerro Tapongozoc (ver Figura 12).

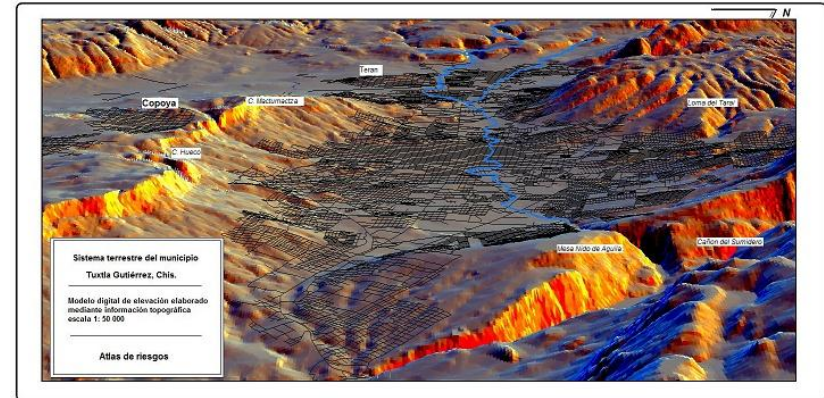


Figura 12. Elementos orográficos del municipio de Tuxtla Gutiérrez.

Respecto a los lomeríos, estos se localizan tanto al Oeste como Este de la zona urbana antes mencionada con una altitud estimada en 800 msnm., cabe mencionar que cerca de San José Terán se localizan una serie de colinas, las cuales tienen una altura absoluta calculada en 700 msnm.

Por último, las tierras más bajas de la zona de estudio están ubicadas en el Centro y Sureste del municipio con una altura absoluta de 400 a 600 msnm.

En la figura 13 se muestra un mapa conteniendo la orografía del municipio que va de los 380 a los 1,760 msnm.



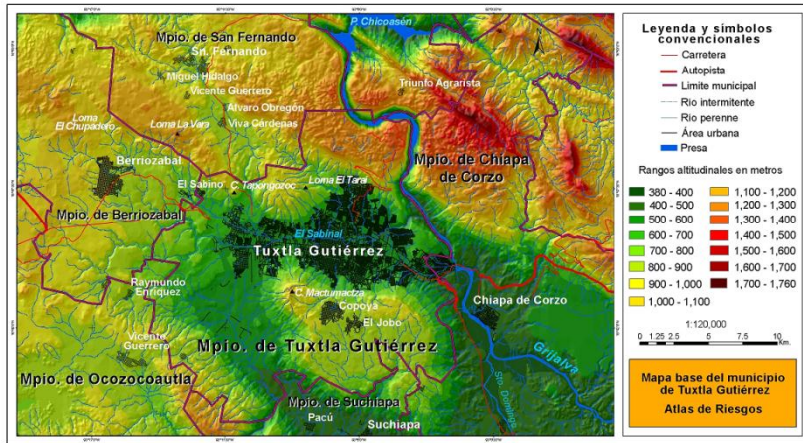


Figura 13. Orografía del municipio de Tuxtla Gutiérrez.

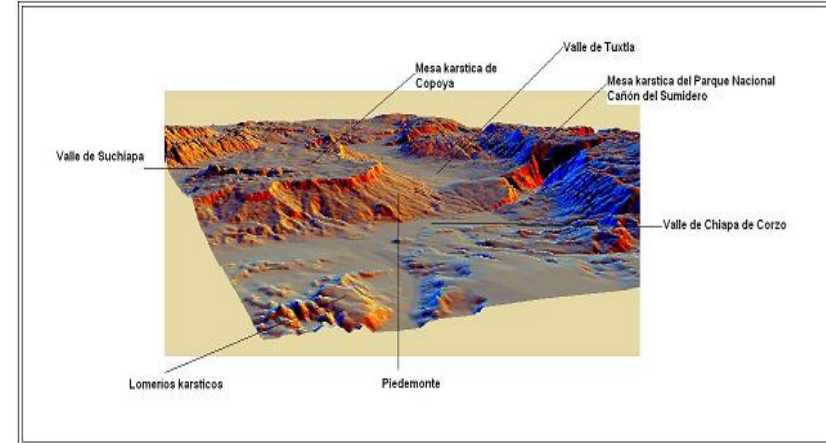


Figura 14. Morfológico y morfométrico.

### 4.3. Geomorfología

Una vez identificado el marco geológico, y después de haber realizado un análisis morfológico y morfométrico según los métodos propuestos por Lugo, J. (1988) y Priego, A., Isunza, E., Luna, N., Pérez, J.L. (2008), bajo una escala 1:50,000, el municipio de Tuxtla Gutiérrez presenta las siguientes geformas superiores (ver Figura 14).

- I) Montañas.
- II) Lomeríos.
- III) Piedemonte.
- IV) Valle.

Sin embargo, para caracterizar con mayor detalle la zona urbana y suburbana se utilizó una escala 1:20,000 logrando reconocer las unidades inferiores (ver Figura 15).

- a) Cimas.
- b) Laderas.
- b) Cornisa.
- c) Dolina.
- d) Colinas.
- e) Valle tectónico.
- f) Valle intermontano.
- g) Lecho de inundación superior e inferior.

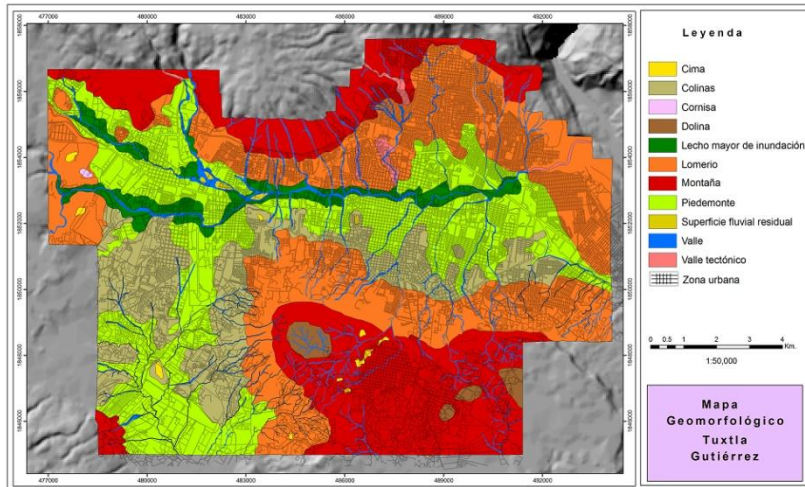


Figura 15. Mapa geomorfológico del municipio de Tuxtla Gutiérrez.

Para poder establecer una zonificación geomorfológica que determinara los diferentes ambientes genéticos presentes en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, se analizó la distribución de los tipos de roca, así como la correspondencia espacial entre los elementos morfométricos: pendiente, densidad de cauces y disección vertical y la unidad superior de relieve (ver Figuras 16 y 17).

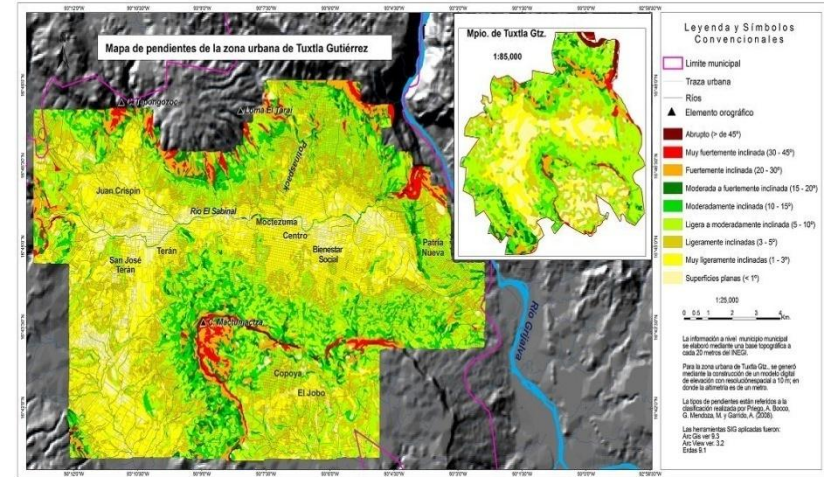


Figura 16. Mapa de pendientes del municipio de Tuxtla Gutiérrez.

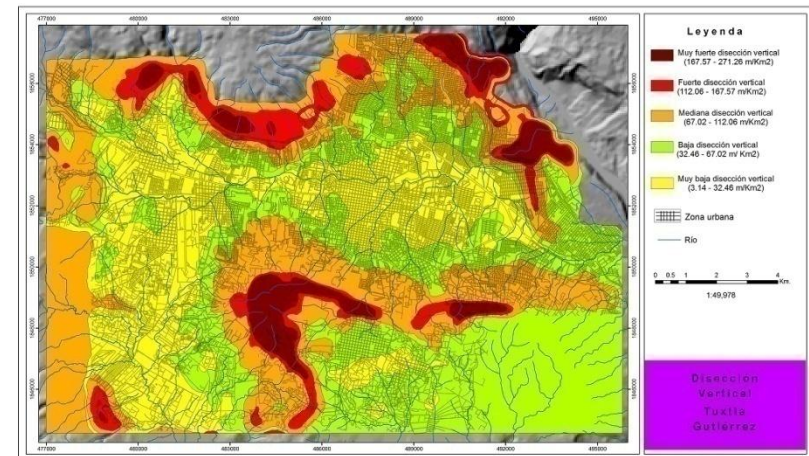


Figura 17. Disección vertical en el municipio de Tuxtla Gutiérrez.

Uno de ellos es el tectónico-kárstico (Fotografías 9 y 10), el cual se localiza en las partes altas de la “*Meseta de Copoya*”, así como en las montañas del “*Parque Nacional Cañón del Sumidero*”, dicho ambiente está conformado por montañas y lomeríos formados por rocas calizas y dolomía; dicha unidad superior contiene geofomas específicas como: dolinas, úvalas, lapiaz, cuya presencia indica el grado de evolución del karst. Su proceso geomorfológico característico es la disolución de los materiales litológicos, por lo que resulta poco frecuente localizar escurrimientos superficiales, ya que la mayoría son de tipo subterráneos.

Los parámetros morfométricos del presente ambiente son: una densidad de cauces valorada de mediana a muy baja ( $< a 4,781 \text{ m/km}^2$ ), las pendientes por su parte describen terrenos moderadamente inclinados ( $< a 15^\circ$ ) a planos ( $< a 1^\circ$ ); sobre este tipo de relieve se establece un dominio de suelos expansivos como el Vertisol pélico y la Rendzina, los cuales están alternados por suelos someros como el Litosol, sobre todo en aquellos terrenos en donde la pendiente es mayor a  $10^\circ$ . De acuerdo a lo anterior, en el ambiente tectónico-kárstico tiene lugar peligros como la erosión de tipo kárstica.



Foto 9. Ambiente tectónico-kárstico en la Meseta de Copoya.



Foto 10. Procesos gravitacionales en el ambiente tectónico-kárstico en la Meseta de Copoya.



Foto 11. Valle intermontano en las laderas de la Meseta de Copoya.

Otro ambiente geomorfológico definido en el municipio es el tectónico – erosivo, el cual se ubica en todos los flancos de la Meseta de Copoya, así como en las laderas sur de las montañas ubicadas en el Norte y Noreste de la poligonal administrativa. Esta zona contempla como unidades superiores a los sistemas montañosos y lomeríos constituidos por arenisca, lutita y limolita, dentro de estas es posible encontrar geoformas clasificadas como inferiores: a) Cimas, b) Escarpes, c) Cornisas, d) Laderas, e) Valle intermontano y tectónico (ver Fotografías 11 y 12). Este tipo de relieve presenta una escorrentía superficial con altos valores en su disección vertical ( $> 274 \text{ m/km}^2$ ), y en su densidad de cauces ( $> \text{a los } 3,173 \text{ m/km}^2$ ); además las laderas presentan ángulos de inclinación considerados en el rango de moderados a elevados ( $> \text{a los } 10^\circ$ ), ver Foto 13.



Foto 12. Valle tectónico en las laderas norte de la ciudad.



Foto 13. Ambiente tectónico-erosivo en las laderas de la Mesa de Copoya.

Bajo este panorama, se puede decir que en la presente zona se establece un ambiente de morfogénesis. Dicho concepto se define como la posibilidad de generar nuevas geoformas en el terreno, a través de un fenómeno conocido como *inestabilidad de laderas*; por tanto, es común la presencia de erosión, soliflucción, deslizamiento, flujos y desprendimiento de materiales. Aunado a lo anterior, sobre este tipo de relieve se establecen principalmente dos tipos de suelos:

- a) Someros como la Rendzina, Litosol, y Regosol calcárico.
- b) Profundo - expansivos como los Vertisoles.

En las geoformas secundarias antes mencionadas incluidas se presentan peligros como la erosión hídrica, flujos, deslizamientos y derrumbes (ver fotos 14 y 15).



Foto 14. Deslizamiento en el fraccionamiento Cueva del Jaguar.



Foto 15. Presencia de flujo cerca del Cerro Huevo.

En la zona de estudio se reconoce una génesis de tipo fluvial-acumulativa para el Valle de Tuxtla y Valle de Suchiapa, localizada en el centro y suroeste del municipio. La presente zona geomorfológica contempla como unidades superiores a las colinas, piedemonte y valle.

Los lechos de inundación mayores y menores son considerados como unidades inferiores. Debido a su posición geográfica (la parte más baja de la zona de estudio), este tipo de relieve está constituido por materiales blandos no consolidados conocidos como depósitos aluviales poligenéticos, los cuales son depositados por los diferentes cauces que bajan de las montañas y lomeríos hacia el valle.

Los indicadores morfométricos obtenidos bajo una escala de análisis 1:20,000, establecen una disección vertical muy baja (< a 32 m/km<sup>2</sup>), lo que indica una baja altura relativa, así como

densidad de ríos clasificada como alta a muy alta (> a los 2,478 m/km<sup>2</sup>), lo que se traduce en un alto porcentaje de humedad del suelo, además existe un dominio de pendientes clasificadas entre ligeramente inclinado (3–5°) hasta superficies planas (< a 1°), pasado por las muy ligeramente inclinadas (1–3°), lo que manifiesta zonas receptoras de materia y energía con posibles deficiencias de drenaje. Además de lo anterior es necesario considerar la presencia de suelos de tipo profundo-expansivo como el Vertisol Pélico y Fluvisol.

Ante este panorama, se concluye que las geoformas que presenten este tipo de génesis presentan peligros de hundimiento.



Foto 16. Presencia de erosión en el valle del río Sabinal.



Foto 17. Presencia de acumulación de sedimentos en el valle del río Sabinal.

#### 4.4. Edafología

De acuerdo al INEGI (1985) y corroborado por recorridos de campo, el Municipio de Tuxtla Gutiérrez en su parte correspondiente a la subcuenca del río Sabinal está conformado por seis unidades de suelo, con sus diversas subdivisiones de acuerdo a los materiales que lo forman. A continuación se hace una breve descripción de las seis unidades que se presentan en la zona de estudio:

Feozem (H) tierra parda, de climas, terrenos y vegetación muy variable, su característica es que presentan una capa superficial oscura, de consistencia suave, rica en materia orgánica y nutrientes, se utilizan en la agricultura de temporal, también para pastoreo, todo en función de tipo de terreno y de

la disponibilidad de agua, se subdivide en Feozem háplico (Hh), que es muy simple, y Feozem lúvico (Hl) que presenta una capa de arcilla en el subsuelo y se erosiona fácilmente. Estos suelos se presentan solo en dos pequeñas porciones de la parte norte del área de estudio.



Foto 18. Suelo Feozem localizado al norte del municipio de Tuxtla Gutiérrez.

Los suelos de Litosol (L), presentes en la subcuenca se caracterizan por tener una profundidad menor a 10 cm y con la aparición de roca, tepetate o un caliche duro, presente en todos los climas, de vegetación diversa al igual que en terrenos planos, lomeríos, laderas etc.; de acuerdo a la vegetación presente es su uso, en este caso existen selvas bajas de tipo caducifolia y subcaducifolia, agricultura, vegetación secundaria y herbácea.



Foto 19. Suelos tipo Litosol ubicados al noroeste del municipio de Tuxtla Gutiérrez.



Foto 20. Suelo tipo Regosol ubicado al sureste de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

La unidad de Luvisol (L) se presenta como Luvisol crómico (Lc), y presenta agricultura de temporal, aunque son de vocación forestal, de color rojo a amarillento en el subsuelo, de fertilidad moderada.

Regosol (Re) es otra unidad edáfica presente en las laderas, son suelos someros y debido a la presencia de rocas carbonatadas pertenecen a los calcáricos (Rc) ricos en cal, presentan uso agrícola de temporal y en algunas partes hay presencia de selva baja caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea.

La Rendzina (E) no presenta subdivisiones, son suelos poco profundos y pegajosos, fértiles con abundante humus, presentes sobre rocas calizas, de climas cálidos, vegetación variada, agricultura de temporal, selva baja caducifolia y pastizales.



Foto 21. Suelo tipo Rendzina localizado al sur de Copoya.

Vertisol (V) para esta zona es pélico (Vp); es un tipo de suelo de clima cálido de marcada estacionalidad seca y de lluvias, su vegetación va desde las selvas bajas, pastizales y agricultura de temporal, son duros, forman grietas anchas y profundas en la sequía, muy arcillosos de color negro a gris, y cuando húmedos son muy pegajosos.

En la figura 18 se muestra un mapa edafológico del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, elaborado por el INEGI (1985).

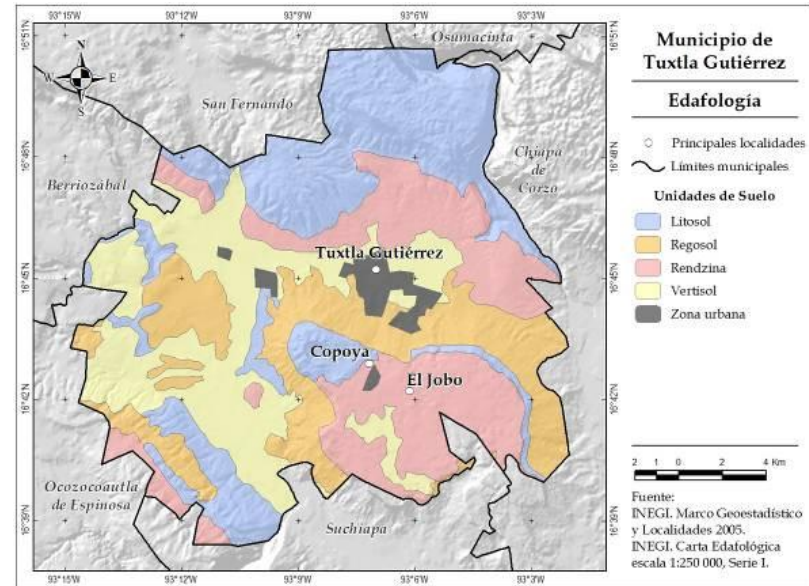


Figura 18. Edafología en el municipio de Tuxtla Gutiérrez. Fuente: INEGI, 1985.



### 4.5. Climatología

La determinación del clima para el área de estudio se obtuvo del IMTA-Semavi (2009) que se refiere a la cuenca del río Sabinal. Se utilizó esta información debido a que el municipio de Tuxtla Gutiérrez se localiza en una parte importante de su superficie en esta cuenca, en donde se ubican cuatro estaciones meteorológicas que son 07-060 Ocozocoautla y 07-095 Tuxtla Gutiérrez, establecidas por el Sistema Meteorológico Nacional; y 07-115 Grijalva y 07-223 Tuxtla Gutiérrez, establecidas por la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

El clima predominante según García (2004) es cálido subhúmedo con lluvias en verano. Aw0(w) cálido subhúmedo, con lluvias en verano que abarca 99.92% y A(C)w0(w) semicálido subhúmedo, con lluvias en verano que ocupa 0.08% de la superficie municipal.

En los meses de mayo a octubre, la temperatura mínima promedio va de los 15°C a los 22.5°C, mientras que la máxima promedio oscila entre 27°C y 34.5°C. En el periodo de noviembre a abril, la temperatura mínima promedio va de 12°C a 18°C, y la máxima promedio fluctúa entre 24°C y 33°C y una marcha de la temperatura tipo Ganges, con presencia de canícula. En los meses de mayo a octubre, la precipitación media fluctúa entre los 900 mm y los 1,200 mm, y en el periodo de noviembre a abril, la precipitación media va de los 25 mm a 200 mm., (ver Figura 19).

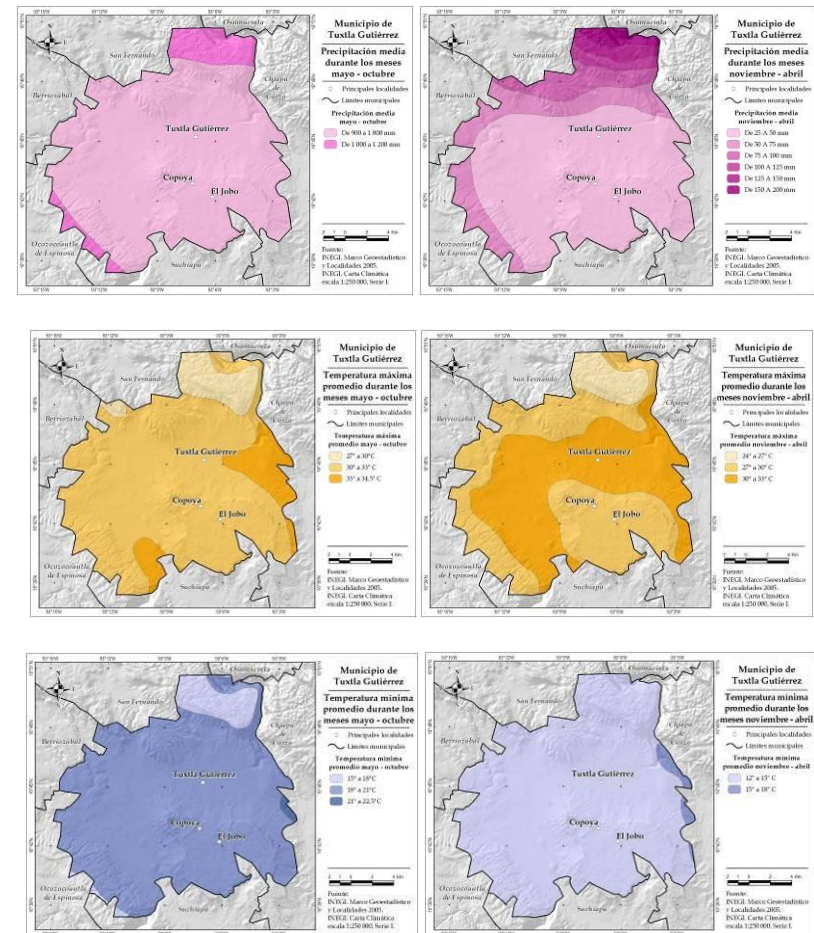


Figura 19. Principales características climáticas del municipio.

La cuenca del río Sabinal tiene un tipo de clima Awo (w) i'gw, según la modificación al sistema de clasificación climática de Köppen, elaborada por Enrique García (López, 2006), donde:

- Awo: cálido subhúmedo con lluvias en verano.
- (w): porcentaje de lluvia invernal menor a 5% del total (3.1% para el caso de la cuenca en estudio).
- i': oscilación térmica comprendida entre 5 y 7°C, que es la diferencia de temperatura promedio del mes más frío y el más caliente, siendo de 6°C para la cuenca del río Sabinal.
- g: marcha de temperatura tipo Ganges, esto es, el mes más caliente se presenta antes del solsticio de verano y de la temporada lluviosa, para nuestro caso este se presenta en el mes de mayo.
- w": dos estaciones lluviosas separadas por una temporada seca corta en el verano (sequía intraestival o canícula) y una larga en la mitad fría del año (García, 1988).

Para la cuenca en estudio, la temperatura media anual es de 25.4°C, la temperatura promedio máxima es de 32.3°C siendo la máxima extrema de 45.5°C (febrero de 1852), y la temperatura promedio mínima es de 18.3°C, siendo la mínima extrema de 4°C (enero de 1953 y diciembre de 1963). Los meses más calurosos son de marzo a junio, con temperaturas del orden a los 35°C (ver Figura 20).

De acuerdo con los límites de temperatura media anual establecidos por García (1988), se tiene una condición del clima que tiende a ser semicálido en la región poniente de la cuenca (San Fernando y Berriozábal), ya que su temperatura media anual se acerca a los 22°C y una condición de clima que tiende a ser muy cálido hacia el oriente (Tuxtla Gutiérrez), ya que su temperatura media se acerca a los 26°C sin llegar a los límites establecidos por García.

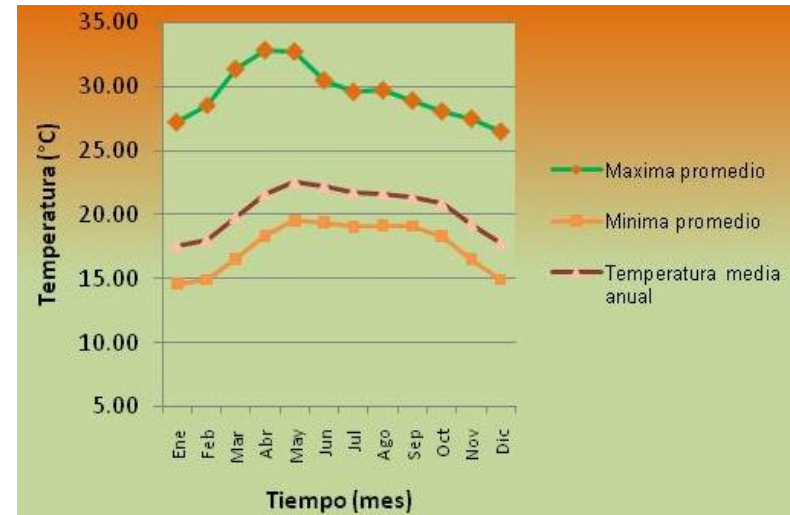


Figura 20. Temperaturas promedio en la cuenca del río Sabinal.

El clima cálido está comprendido entre los 26 y 22°C de temperatura media anual. Las lluvias dentro de la cuenca son de tipo convectivo, donde la precipitación anual es de 955.8 mm. Los meses lluviosos son de mayo a octubre, con una precipitación acumulada de 916.8 mm que representa un 95.9% de la precipitación anual, donde el mes de junio es el más lluvioso, con una precipitación media mensual de 216.6 mm (ver Figura 21).

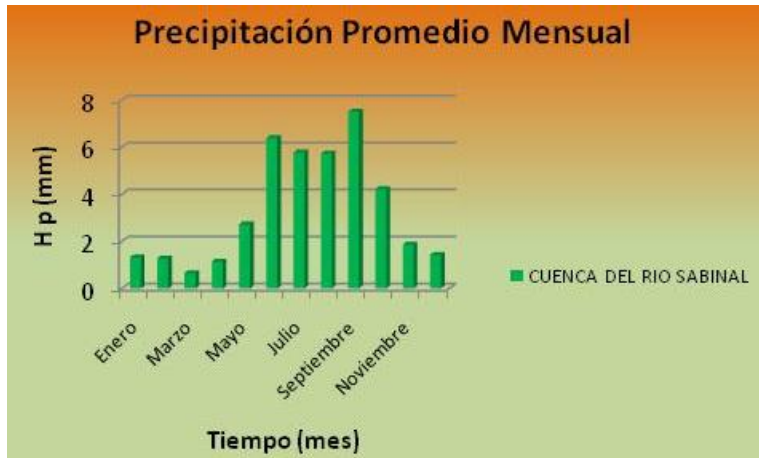


Figura 21. Precipitación media mensual en la cuenca del río Sabinal.

#### 4.6. Hidrología

Debido a que la extensión y forma del municipio no coinciden con la cuenca hidrológica en la cual éste se encuentra establecido, es preciso hacer la caracterización de la cuenca y no solo las propias del municipio. Para realizar un análisis de riesgo hidrológico por inundación en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, es importante tomar en consideración toda el área de la cuenca, ya que esta característica junto con el tipo de suelo que la compone condiciona el volumen de escurrimiento. Por ende en este apartado se presenta la caracterización de la cuenca hidrogeológica del río Sabinal.

##### 4.6.1. Distribución

La cuenca del río Sabinal está ubicada dentro de la región hidrológica N° 30 denominada Grijalva-Usumacinta, perteneciente a la cuenca administrativa Grijalva-Tuxtla

Gutiérrez. El río Sabinal es un afluente del río Grijalva que drena un área aproximada de 407 km<sup>2</sup>. Su confluencia con el Grijalva se efectúa a la altura de la mesa Nido de Águilas, punto de entrada del río al Cañón del Sumidero (ver Figura 22). La cuenca está formada por 15 microcuenas.

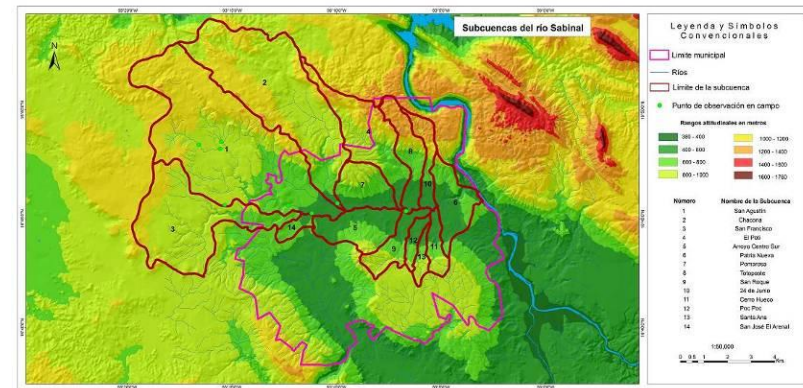


Figura 22. Cuenca del río Sabinal.

Cuenta con tres manchas urbanas importantes: San Fernando (0.99 km<sup>2</sup>), Berriozábal (2.32 km<sup>2</sup>) y Tuxtla Gutiérrez (78.08 km<sup>2</sup>) que en conjunto generan un área total urbanizada de 81.39 km<sup>2</sup>, lo que representa 20% del área total de la cuenca, y la mayor parte de esta área se encuentra en la zona más baja, correspondiente a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

##### 4.6.2. Hidrografía

De acuerdo a su génesis geológica, el municipio de Tuxtla Gutiérrez, presenta dos tipos de escurrimientos: a) superficiales y b) subterráneos. Los primeros se localizan en las cuencas del río Sabinal y del río Suchiapa; por su temporalidad dichos escurrimientos son clasificados como

perennes y temporales. Por su parte, los ríos subterráneos se localizan en relieves constituidos por rocas calizas – dolomitas (kársticos), y por lo general presentan una carga de agua y sedimentos únicamente en la época de verano.

Las principales corrientes hidrológicas superficiales del municipio son: los ríos perennes Sabinal y Grijalva; y los ríos intermitentes Sabino, San Francisco y Poti, entre otros (ver Figura 23).

El río Sabinal nace en la loma El Chupadero, alrededor de 5 km al noroeste de la población de Berriozábal, a una altitud del orden de 1,100 msnm. Corre en dirección sureste atravesando dicha población; adelante recibe por la margen izquierda, a la altura del poblado río Dulce, una corriente que drena la Sierra La Tienda. Aguas abajo cambia su curso al oriente y posteriormente al sur para recibir la aportación del arroyo San Francisco y sigue su curso al oriente para cruzar por la población de Terán. Un poco antes de dejar esta localidad (cruce con el bulevar Belisario Domínguez), se incorpora al río Sabinal por la margen derecha el caudal de un pequeño escurrimiento denominado arroyo La Laguna, que proviene de las faldas del cerro Mactumatzá.

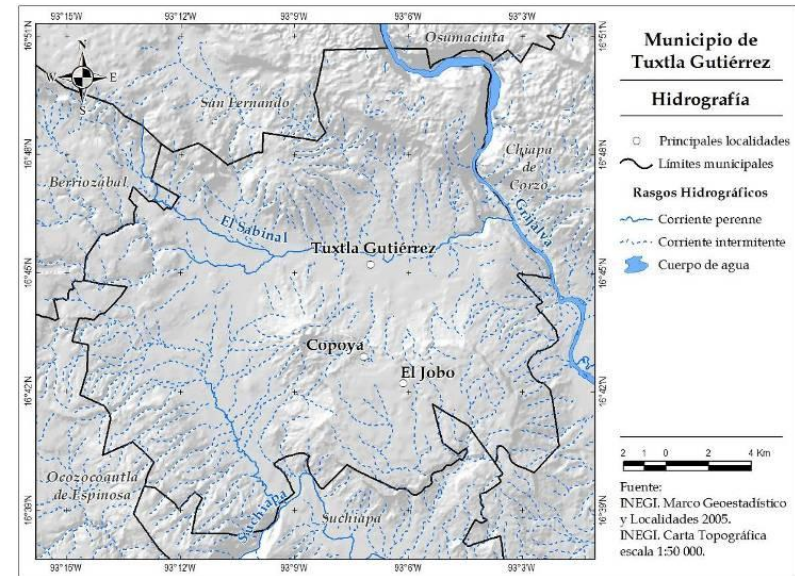


Figura 23. Hidrología del municipio. Fuente: INEGI, 2005.

Aguas abajo después de cruzar el bulevar Belisario Domínguez, recibe por la margen izquierda la corriente conocida como arroyo San Agustín, el que a su vez recibe por su margen izquierda dos subafuentes que se originan en las inmediaciones del poblado San Fernando, a saber los arroyos El ojo y La Chacona, los cuales se originan como manantiales. Estas dos corrientes drenan una cuenca de aproximadamente 89 km<sup>2</sup> que se caracteriza por sus condiciones geológicas y topográficas que provocan que algunos escurrimientos superficiales tiendan a fluir en “resumideros”.

El río Sabinal sigue su curso al oriente atravesando el Valle de Tuxtla Gutiérrez, donde a la altura de la 23ª calle Poniente Norte recibe por la margen derecha al arroyo El Cocal y en la 16ª calle Poniente Norte capta una pequeña corriente que

actualmente se encuentra embovedada. Por la margen izquierda pero ahora entre las calles 13ª y 12ª Poniente Norte se le incorpora el arroyo Lupanaspak o Pomarrosa o Mirador; posteriormente sobre su margen derecha, cerca de la 4ª calle Poniente Norte se encuentra la confluencia del arroyo San Francisco, también embovedado. Aguas abajo de esa confluencia, aproximadamente en la 1ª calle Oriente Norte sobre la margen izquierda, toma la aportación del arroyo Potinaspak.

El Sabinal recoge aguas sobre el arroyo San Roque o El Zope por la margen derecha, entubada en su parte baja, al igual se encuentra otra corriente que le suma sobre la calle central norte sobre la misma margen; en la 15ª calle Oriente Norte, recibe por la margen Izquierda las aportaciones del arroyo Potinaspak o El Poti; que se encuentra entubada en su parte baja; continuando hacia aguas abajo aproximadamente 500 m antes de llegar al cruce con el libramiento Norte de la ciudad, recibe por su margen derecha un afluente que baja de cerro Hueco, al cual se le agrega otra corriente llamada El Zapotal o Santa Ana, posteriormente sale de la mancha urbana y recibe por ambas márgenes una serie de arroyos que descienden de los cerros Nido de Águilas y La Ceiba, para descargar finalmente, en el río Grijalva (López y Vázquez, 2003).

#### 4.7. Uso del suelo y vegetación

La vegetación presente en el municipio es la siguiente: vegetación secundaria (selva baja caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea) que abarca 24.18%; selvas secas (selva baja caducifolia y subcaducifolia), 15.20%; pastizales y herbazales (pastizal inducido), 4.56%; vegetación secundaria (selva alta y mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea) 0.29%;

selvas húmedas y subhúmedas (selva alta y mediana subperennifolia) que abarca 0.23% y bosques deciduos (bosque de encino) que ocupan 0.18% de la superficie municipal. El aprovechamiento de la superficie del territorio municipal es de la siguiente manera: agricultura de temporal con 36.48%; pastizal cultivado con 0.93% y la zona urbana que ocupa 17.08% de la superficie municipal (ver Figura 24).

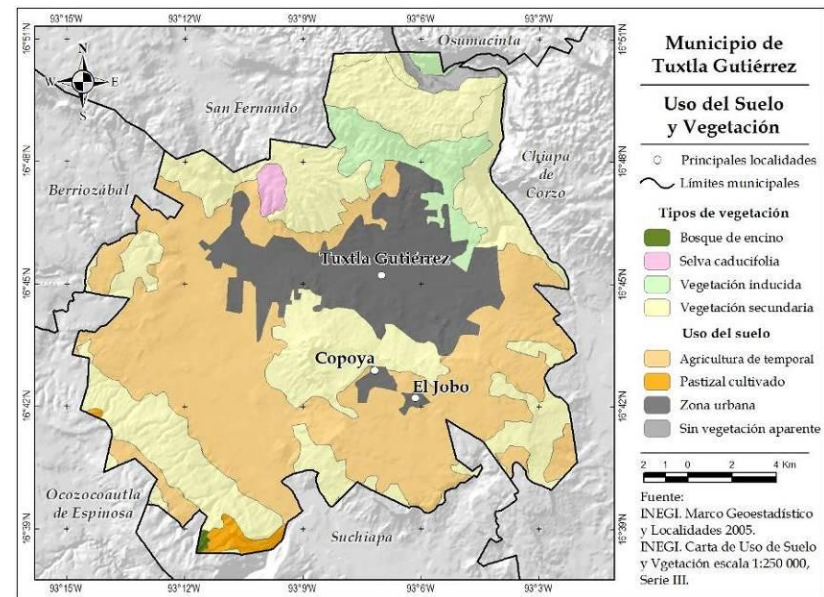


Figura 24. Vegetación y usos de suelo del municipio. Fuente: INEGI, 2005.

#### 4.8. Áreas Naturales protegidas (ANP)

El municipio contiene parte de uno de los iconos de Chiapas, el Parque Nacional Cañón del Sumidero (PNCS), correspondiendo 3,781.32 ha de este parque al municipio de

Tuxtla Gutiérrez, representando el 11.15% del territorio municipal. Esta área natural forma parte del corredor biológico Cañón del Sumidero-Zona de Protección Forestal Villa Allende, Zona Sujeta a Conservación Ecológica La Pera, Zona Sujeta a Conservación Ecológica Laguna Bélgica y la Reserva de la Biósfera Selva El Ocote.

La antigüedad del cañón se calcula en 136 millones de años, su longitud es de 23 km y sus paredes tienen una altura de 700 a 1,200 m. El ancho del cañón varía de 1 a 2 km. Dentro del cañón se encuentran treinta rápidos, cinco cascadas, tres playas, dos manantiales y un encajonado de 3 m de ancho. Los tipos de vegetación que contiene el parque son selva mediana caducifolia, selva mediana caducifolia, selva mediana perennifolia, bosque de pino, bosque de encino, pastizal inducido, vegetación *crasicaule*, vegetación riparia y vegetación secundaria. El listado florístico incluye 68 especies de plantas vasculares de las cuales nueve están amenazadas, dos en peligro de extinción y siete son de distribución endémica para México. En total once especies se encuentran bajo alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-200. Con respecto a la fauna, el último reporte indicó 330 especies de vertebrados terrestres: 23 de peces, 15 de anfibios, 41 de reptiles, 195 de aves y 56 de mamíferos (Conanp, 2008).

Al interior del parque se encuentran los asentamientos humanos de El Paraíso, La Esperanza, Libertad Campesina, La Unión, Triunfo Agrarista, Tierra Colorada y Buena Vista Cahuaré que ocupan una superficie aproximada de 659.56 ha y una población aproximada de 2,225 habitantes según el Censo de Población del INEGI 2005. A finales de la década de 1990, la tenencia de la tierra en el PNCS era 35% ejidal, 29% nacional, 27% particular y 9% indeterminada. A raíz de la

construcción de la presa Chicoasén que concluyó en 1979, se originaron drásticas transformaciones hidrológicas y morfológicas en el cañón, ocasionando entre otros que los materiales que se transportan por el río se depositen en diversas zonas a lo largo del cañón y en particular en la zona conocida como El Tapón, en especial el arrastre de basura de 180 comunidades y colonias de 14 municipios de la zona de influencia del PNCS, lo que genera la contingencia del taponamiento por desechos sólidos (Conanp, 2008).

En materia de riesgos es importante señalar que a partir del decreto del PNCS el 8 de diciembre de 1980, paradójicamente comenzó a ser invadido por asentamientos irregulares en su zona correspondiente al municipio de Tuxtla Gutiérrez según se muestra en la Figura 25. Esta zona al ser deforestada, habitada y sus calles pavimentadas, por la presencia de diversos arroyos (Potinaspak, Totoposte, Bambú, Arroyo Blanco), conforman en época de lluvias, no solo un riesgo para estos asentamientos, sino para los ubicados en la ciudad abajo de ellos.

El cerro Mactumatzá es otra área natural de importancia municipal. Fue decretado el 16 de Julio de 1997 con el carácter de Reserva Ecológica (RE) contando con una extensión de 613.70 ha, ubicada hacia el sur de la ciudad, formando parte de la Meseta de Copoya. La altitud de la parte central de la meseta se encuentra entre los 700 y 900 msnm, y la parte más alta alcanza los 1,170 msnm. De acuerdo a la clasificación de Rzedowski (2006) en el área se reconocen los siguientes tipos de vegetación: bosque tropical caducifolio y bosque de *Quercus*. Miranda (1998) menciona que el bosque de *Quercus* a menudo limita con el bosque tropical caducifolio; esta asociación se hace evidente en el área de la reserva, aunque ambos tipos han sido severamente afectados debido

a la extensión de las áreas destinadas a actividades como la agricultura y la ganadería, reduciendo la vegetación original a remanentes y a vegetación en sucesión. Se ha propuesto una ampliación de esta reserva (Figura 25).



Figura 25. Asentamientos irregulares en el Parque Nacional Cañón del Sumidero. Fuente: Conanp, 2010.

La importancia de esta ANP es que sus laderas han sido ocupadas por asentamientos humanos con su infraestructura y equipamiento, siendo una zona en donde convergen diversos riesgos, como se verá más adelante. En la Figura 26 se muestra una propuesta de ampliación la Reserva Estatal cerro Mactumatzá.

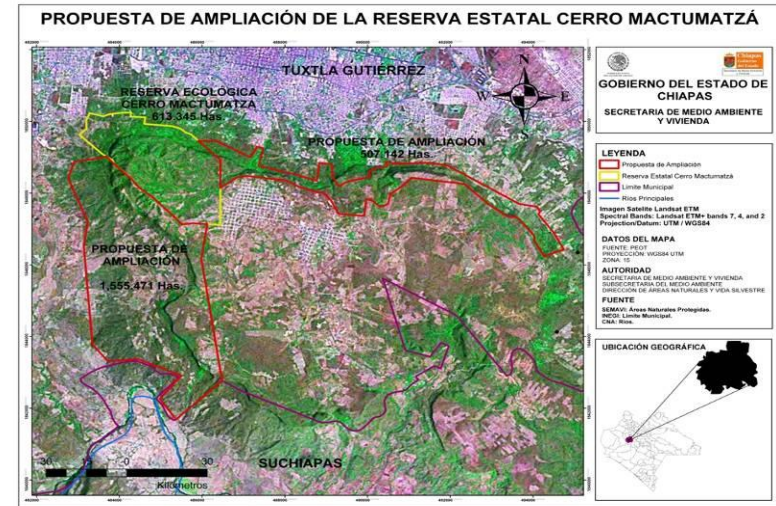


Figura 26. Propuesta de ampliación de la Reserva Estatal Cerro Mactumatzá. Fuente: Semavi, 2010.

#### 4.8.1. Cavidades subterráneas, grutas y cuevas en el municipio

El grupo espeleológico Vaxakmen A. C. y la Unión Mexicana de Agrupaciones Espeleológicas A. C. en colaboración con el Instituto de Historia Natural y otras organizaciones (Associazione Esplorazioni Geografiche La Venta, Italia, Explorations Karstiques Sud Americaines y la Secció d'Exploracions Subterrànies, Centre Excursionista d Valencia, España) han realizado un levantamiento de cavidades, grutas, cuevas, simas que se muestra en el Cuadro 4. Estos monumentos naturales son de gran importancia geológica, científica, biológica, cultural que es necesario proteger junto con su entorno.

Los fenómenos kársticos que aquí se generan (Cerro Hueco), son de importancia para el presente Atlas de Riesgos, lo anterior expresado en diversos documentos como el estudio de Paz et al., (2011).

El río Grijalva, aunque no declarado como área natural protegida en su porción que atraviesa las ciudades de Chiapa de Corzo y Tuxtla Gutiérrez y el Parque Nacional Cañón del Sumidero, es otra área de gran importancia hidrológica, biológica, turística y económica, debido a que es sobre dicho río en la que se desarrolla la actividad turística en el cañón (Fotografía 22).

Cuadro 4. Cavidades, grutas, cuevas y simas en la ZMTG.

Fuente: Vaxakmen, 2008.

N.º	Nombre	Tipo	Clasificación	Observaciones
1	Del Diablo	Cueva	Rituales	Pinturas
2	Copoya	Cueva	Rituales	Objetos
3	La Campana	Cueva	Rituales	Objetos
4	La Grieta	Cueva	Recreación	
5	Mirador	Abrigo Rocosos	Recreación	Pinturas rupestres
6	La Virgen	Cueva	Rituales	Objetos
7	El Gran Escarpe	Cueva	Sin uso	Derrumbe
8	La Espinillanlavi	Cueva	Sin uso	Derrumbe
9	El Mochuelo	Cueva	Sin uso	Agua
10	Subida del Caracol	Cueva	Sin uso	Vestigios

11	Sima Tapada	Sima	Sin uso	
12	Cerro Hueco	Cueva	Recreación	Abasto de agua
13	La Araña	Gruta	Sin uso	Interés para simulacros rescate
14	Las Vacas Caídas	Sima	Sin uso	Probable conexión con Cerro Hueco
15	s/n	Dolina	Sin uso	
16	Drenaje	Grieta	Drenaje	No funciona
17	El Guitarrón	Sima	Sin uso	Enjambre de avispas guitarrón
18	Aire tibio	Grieta	Sin uso	Surge aire, probable conexión
19	La Piñuela	Sima	Sin uso	
20	Cacho de Toro	Grieta	Sin uso	Posible conexión
21	Del Hueso	Sima	Sin uso	La más profunda (22 m)
22	La Raíz	Cueva	Sin uso	Agua
23	El Zope	Sima	Rituales	
24	El Garrobo	Sima	Sin uso	Cercada por ganado
25	El Lodo	Cueva	Basurero	Gran cantidad de envases de Gramoxone
26	Culantrillo	Sima	Sin uso	
27	Tempixque	Sima	Basurero	CO <sub>2</sub>
28	El Nopal	Sima	Sin uso	Práctica escalada (12 m)
29	Las Abejas	Sima	Sin uso	Enjambre abejas africanas
30	La Escalera	Cueva	Sin uso	Vestigios, muy



				saqueada
31	Carrillo 1	Sima	Sin uso	
32	Carrillo 2	Sima	Sin uso	Vestigios
33	Las Ganas 1	Sima	Sin uso	Vestigios
34	Las Ganas 2	Sima	Sin uso	Vestigios, muy saqueada
35	Murciélagos 1	Cueva	Sin uso	Abundantes colonias de murciélagos
36	Murciélagos 2	Cueva	Sin uso	Abundantes colonias de murciélagos
37	Nandacaja	Cueva	Sin uso	Vestigios
38	Totopostal	Cueva	Sin uso	
39	La Ratonera	Sima	Sin uso	
40	Loma Bonita	Sima	Sin uso	
41	La Grieta 1	Cueva	Sin uso	
42	Cueva Madre			Proyecto
43	El Ramillete	Cueva	Rituales	
44	El Perico	Sima	Recreación	
45	Agualoyo	Sima	Recreación	
46	Carrillo Puerto	Cueva	Sin uso	



Foto 22. Viajes en el Cañón del Sumidero.

El Zapotal es una superficie remanente de selva alta o mediana subdecidua y selva baja decidua que se encuentra en la parte inferior de la Meseta de Copoya a 2 km de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. Esta área fue decretada como centro ecológico recreativo el 27 de agosto de 1980 y el 19 de septiembre de 1990 se decretó una zona de amortiguamiento de 92 ha para prevenir el impacto que por deforestación y asentamientos humanos estaba sufriendo El Zapotal (Gobierno del Estado; 1980, 1990), con una superficie de 102 ha incluyendo las instalaciones del zoológico Miguel Álvarez del Toro (ZooMAT). Esta reserva, al igual que el cerro Mactumatzá, cumple funciones importantes por considerarse, sobre todo El Zapotal, como un parque urbano dada su proximidad a la ciudad. En el área se han registrado 521 especies de plantas vasculares correspondientes a 359 géneros y 98 familias (ver Foto 23).

Estas áreas naturales tienen cavidades, grutas y cuevas que tienen una estrecha relación con la temática de vulnerabilidad y riesgos, por su formación geológica, ubicación y pendientes contenidas, entre otros aspectos. La deforestación de estas zonas, la ocupación por asentamientos humanos, construcción de infraestructura, desviación de sus ríos generan un escenario de peligro para dichos asentamientos y los que se ubican debajo de ellos al igual que su equipamiento.



Foto 23. El Zapotal y Cerro Mactumatzá.  
Foto: Yara Fernández.

asentamientos humanos e infraestructura que se ubica cerca de las mismas.

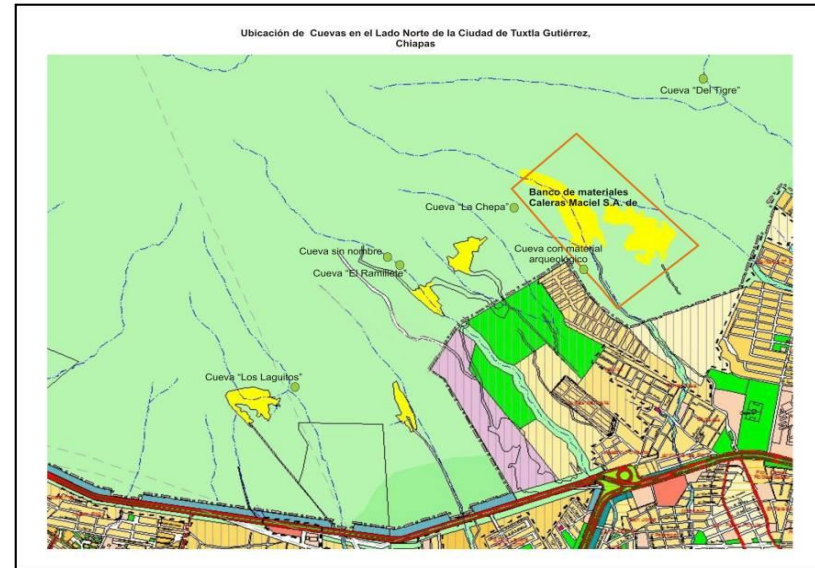


Figura 27. Localización de cuevas al norte de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

En la Figura 27 se pueden apreciar las cuevas localizadas al norte de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

Es importante señalar que estas cuevas contribuyen a un proceso de vulnerabilidad y de riesgo potencial para los

#### 4.9. Problemática Ambiental

La problemática ambiental en el municipio puede ser clasificada de la siguiente manera: deforestación, erosión, explotación minera, desertificación y alteración de hábitats naturales, desecación de ríos, pérdida de biodiversidad (defaunación, afectación de rutas migratorias, extinción de fauna y flora), incendios forestales, contaminación (aire, agua, suelos, biológica), residuos sólidos urbanos y residuos peligrosos biológico infecciosos y de toda índole, cambio climático y alteración de ciclos ecológicos esenciales (ciclo hidrológico, sucesional). Esta problemática ha sido escasamente estudiada por lo que es conveniente desarrollar investigaciones al respecto, sobre todo aquella que está relacionada con los riesgos ambiental (biológico-sanitarios y químico-tecnológicos) de acuerdo con la clasificación del CENAPRED.

En las fotos 24 y 25 se observan las condiciones del relleno sanitario antes del trabajo de Proactiva y después de este cuando se trabajó para desarrollar un relleno sanitario que cumpliera con la normativa ambiental.



Foto 24. Residuos sólidos urbanos antes de ser dispuestos en el relleno sanitario (Proactiva).

Foto 25. Celda de recepción de residuos para su entierro (Proactiva).

En las fotos 26 y 27 se muestran las diversas campañas que se realizan para limpiar el Cañón del Sumidero, sin embargo, por diversas condiciones, estas campañas se deben seguir repitiendo año con año para buscar tener al Cañón en condiciones dignas para el turismo.



Foto 26. Campaña de limpieza de residuos sólidos en El Cañón del Sumidero.

Foto 27. Contaminación y residuos sólidos en el río Sabinal.

## V. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS SOCIALES, ECONOMICOS Y DEMOGRAFICOS

### 5.1. Elementos sociales

#### 5.1.1. Vivienda

Acorde con el ritmo de crecimiento de la población, el número de viviendas ha tenido un comportamiento muy dinámico, con tasas de crecimiento anual superiores al 3%, siendo de las mayores la registrada en la década de 1980 a 1990, con 7.5% y al 2000 con 4.9% de crecimiento, llegando al 2010 con 143,855 viviendas, con lo que se obtiene una tasa de 3.1% en esta última década (ver Figura 28).



Figura 28. Tasa de crecimiento de viviendas en Tuxtla Gutiérrez.

El número de personas que habitan una vivienda ha tenido un leve descenso en las últimas tres décadas, pasando de un promedio de habitantes por vivienda en 1990 de 4.73 a 4.25 en el 2000 y de 4.03 en el 2005. Este indicador está determinado entre otros factores, por el tamaño de las viviendas, cuyo tamaño predominante en 2005 fue de tres cuartos y más, registrando 64.9%, mientras que 15.6% de estas tenían un cuarto, y 16.3% dos cuartos.

En el año 2005 se registraron 124,695 viviendas, y de estas 95.8% reportaron tener drenaje, en su mayoría conectados a la red pública (87.4%), seguido por los conectados a fosa séptica (12.17%) como los de mayor preponderancia.

La disposición de energía eléctrica es de 95.6% con una diferencia positiva con respecto al indicador estatal que es de 90.8% de cobertura. En relación a la disposición de agua en el ámbito del terreno, 80% de las viviendas se encontraban en esta situación, mientras que 16.57% obtenían el agua proveniente de pipa, pozo u otros.

Por otra parte, 7.43% de las viviendas disponían de piso de tierra. Cabe mencionar que en la cabecera municipal este indicador es similar con 7.39%, pero en las localidades rurales alcanza un proporción de 30%. El material predominante en pisos en el municipio es cemento o firme que se encuentra en 65.7% de las viviendas (ver Figura 29).

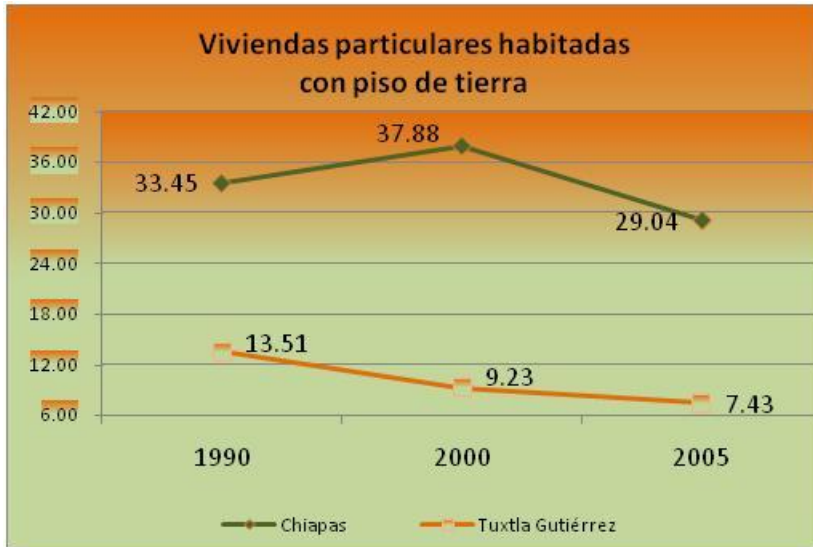


Figura 29. Viviendas particulares habitadas con piso de tierra.

### 5.1.2. Salud

En el año 2009, el Sistema Estatal de Salud registró 1,336 médicos al servicio de las instituciones públicas del sector salud, distribuido por régimen de atención en seguridad social 676, mientras que en asistencia social se disponían de 660 médicos. Por institución pública, la mayoría se encuentran adscritos a la Secretaría de Salud (48.1%) y al IMSS (24.9%). Considerando únicamente al personal médico que labora en instituciones públicas del sector salud, la razón de médicos es de 2.47 por cada mil habitantes.

En el mismo año, la población con derechohabencia a servicios de salud en el IMSS ascendió a 264,524 personas, mientras que en el ISSSTE fue de 93,035 y de 28,623 en el ISSSTECH. Por otra parte, la participación de Sedena,

Pemex, Semar y otras instituciones públicas y privadas de atención a la salud según datos de 2005 tenían aproximadamente 17.8% del total de la población derechohabiente.

En relación con la infraestructura médica se cuenta con 124 unidades de salud, de las cuales 117 son de consulta externa y 7 de hospitalización, correspondientes en su mayoría al IMSS con 94 unidades médicas y de este corresponden al régimen de atención Oportunidades 91 unidades de salud. Le sigue la Secretaría de Salud con 15 unidades médicas, de las cuales tres son de hospitalización.

Según estimaciones del Conapo, en el año 2000 la Tasa de Mortalidad Infantil era de 18.7 defunciones de menores de un año de edad por cada mil nacimientos, registrándose al 2005, una disminución de fallecimientos de niños de este grupo de edad, para alcanzar una Tasa de Mortalidad Infantil de 10.84 muy por debajo de la tasa estatal que es de 23.89 fallecimientos por cada mil nacimientos.

### 5.1.3. Educación

A fin de cursos del ciclo escolar 2009-2010, la infraestructura educativa consta de 671 planteles, correspondiendo a preescolar 225, primaria 207, secundaria 71, nivel medio superior y capacitación para el trabajo 168 escuelas. En el nivel superior se cuentan 52 instituciones con 71 escuelas de técnico universitario, licenciatura y postgrado. Para la prestación del servicio educativo, el personal docente asciende a 6,733 maestros, distribuidos en preescolar 14.1%, primaria 30%, secundaria 21%, bachillerato y capacitación para el trabajo 31.9%. En el nivel superior la plantilla docente asciende a 6,145 maestros.

La matrícula es de 66,582 alumnos en primaria, 30,797 alumnos en secundaria, y 31,079 alumnos en el nivel medio superior, y de 68,355 en técnico universitario, licenciatura y posgrado en las modalidades escolarizada y no escolarizada. La asistencia escolar en el año 2005 fue de 95% de los niños de 6 a 14 años de edad. En ese mismo año el grado promedio de escolaridad fue de 9.6 años cursados.

Los niveles de instrucción de la población de 15 años y más en el municipio son: el 6.73% no tiene escolaridad, 10.8% dispone de primaria incompleta, mientras que 13.8% la concluyó; 21.3% tiene la secundaria terminada y 46.0% educación posbásica. De este mismo grupo de edad la tasa de analfabetismo fue de 6.85% (ver Figura 30).

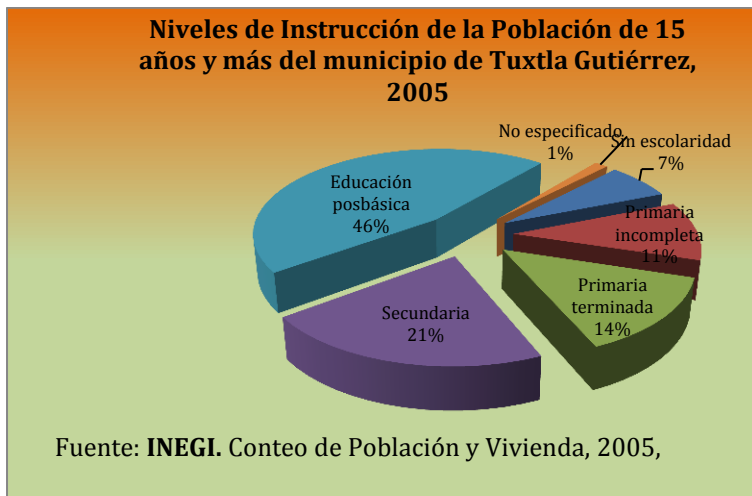


Figura 30. Niveles de instrucción de la población de 15 años y más.

#### 5.1.4. Indicadores estratégicos

Tuxtla Gutiérrez registra la última posición en Chiapas en marginación con un grado Muy Bajo. Sus niveles de pobreza también son los más bajos del estado con 9.3% de su población con pobreza alimentaria, 16.0% en pobreza de capacidades y 40.1% en pobreza patrimonial. Su grado de rezago social es muy bajo. Por otra parte, según las últimas referencias, el municipio ocupa el primer lugar estatal en desarrollo humano con un IDH de grado Alto, posición y grado que conserva en relación a los datos publicados en el año 2000.

#### 5.2. Elementos económicos

##### 5.2.1. Población económicamente activa (PEA)

Para ejercer las actividades económicas, el municipio al tercer semestre de 2010 en su área metropolitana, con una población económicamente activa de 255,376 habitantes, de los cuales 42.2% son mujeres y 57.8% hombres. Por condición de ocupación, la población económicamente activa se conforma por 94.3% de ocupados y 5.7% desocupados.

La población ocupada según los ingresos percibidos por la participación en las actividades económicas se distribuye de la siguiente manera: 36.1% percibe hasta dos salarios mínimos, 45.1% gana de tres a cinco salarios, mientras que 13.1% de la población se encuentra dentro del grupo de altos ingresos por su trabajo, recibiendo más de cinco salarios mínimos. En contraparte, 5.1% de la población ocupada no se le remunera por el trabajo que realiza.

Por sector de actividad económica la población se emplea preponderantemente en el sector terciario con el 80.8%, donde se distingue el comercio y los servicios sociales y gubernamentales como los mayores empleadores, seguido del 17.9% en el sector secundario, empleados en la rama de la construcción y la industria manufacturera. Finalmente en el sector primario con actividades en agricultura, ganadería y silvicultura se emplea el 0.9% de la población (ver Figura 31).

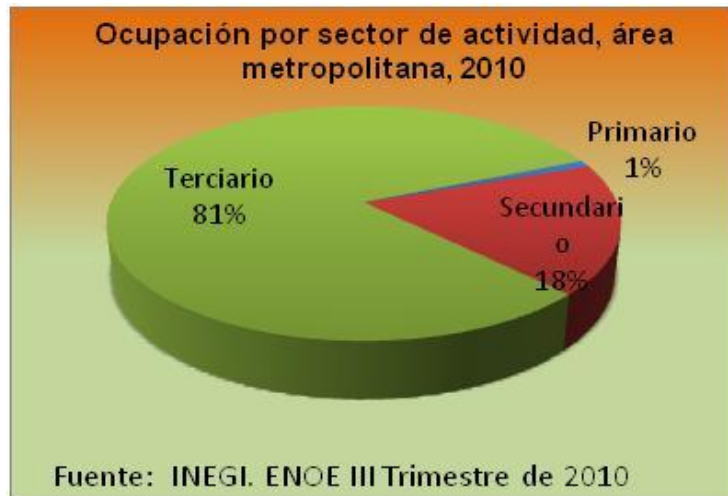


Figura 31. Ocupación por sector de actividad.

Por el tipo de unidad económica donde labora la población que cuenta con un empleo en Tuxtla Gutiérrez, se ubica principalmente en instituciones, empresas y negocios privados en 49%, instituciones públicas 25.2% y en el sector de los hogares 25.4%.

### 5.2.2. Principales actividades económicas del municipio

De acuerdo con el Censo Económico de 2009, ascienden a poco más 25,473 las unidades económicas establecidas en Tuxtla Gutiérrez, y se dedican principalmente al comercio al por menor y mayor (53.37%). También son de importancia los establecimientos dedicados a los servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas (10.89%), así como diversos servicios distintos a los gubernamentales (13.28%), las industrias manufactureras (8.35%) y servicios de salud y de asistencia social (5.17%). El valor total de la producción bruta del conjunto de establecimientos ascendió a poco más 27 mil 553 millones de pesos (ver Cuadro 5).

Cuadro 5. Unidades económicas y producción bruta total en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, 2009.

Fuente: INEGI, Censos Económicos 2009.

Estado/ Municipio	Unidades Económicas	Producción bruta total (miles de pesos)
Chiapas	87,530	249,083,643
Tuxtla Gutiérrez	25,473	27,553,290

En la estructura productiva, el sector primario tiene una limitada participación en la economía del municipio, no identificándose producción agrícola de importancia. En la ganadería sobresale la cría de bovinos para sacrificio, exportación y movilización a otros estados.

En el año 2009, la explotación de este tipo de ganado tuvo un volumen cercano a 325 toneladas con un valor de 5 mil 514 miles pesos de ganado en pie. Además de la explotación de bovinos, también es de importancia la cría aves de corral y de ganado porcino, siendo la producción de aves de 214 toneladas con un valor de 5 mil 348 miles de pesos en pie.

Estas tres especies generan del 99.16% del valor de la producción de ganado en pie.

Dentro del sector terciario es de importancia la dinámica económica generada por el turismo. Para la atención de la llegada de visitantes a la capital del estado, se dispone de cien establecimientos de hospedaje de una a cinco estrellas, así como de clase económica y especial, los cuales representan 13.6% de los existentes en el Estado. Asimismo, se cuenta con 288 establecimientos de preparación y servicio de alimentos con categoría turística, que representan 21.4% de la oferta total en el estado y 97 establecimientos más que los registrados en el año 2005 (ver Cuadro 6).

Cuadro 6. Establecimientos de hospedaje, de preparación y servicio de alimentos y de bebidas, registrados en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, 2009.

Fuente: INEGI, Censos Económicos.

Establecimientos	Estado	Tuxtla Gutiérrez
Establecimientos de hospedaje	737	100
Cuartos de hospedaje	16,136	3,915
Establecimientos de preparación y servicio de alimentos y de bebidas	1,344	288

Nota. Se refiere a los establecimientos de alimentos y bebidas con categoría turística y/o registrada en el Sistema de Información Turística Estatal. Incluye restaurantes-bar.

### 5.2.3. Infraestructura urbana, equipamiento y servicios

Para facilitar las actividades de traslado a los diferentes puntos de la ciudad y fuera de ella, los habitantes del municipio se sirven de 100,240 automóviles, 3,185 camiones y microbuses de pasajeros, y 47,040 camiones y camionetas para cargas en las modalidades de servicio público, particular y oficial. Cabe mencionar que Tuxtla Gutiérrez concentra al 35.4% del total de vehículos registrados en circulación en el Estado (ver Figura 32).

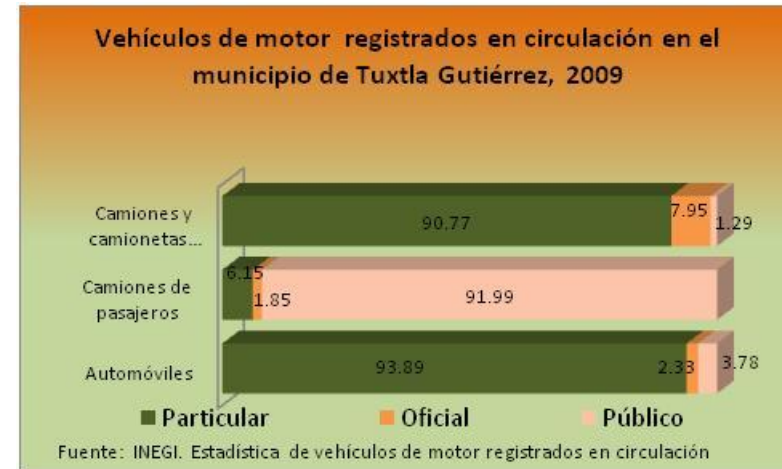


Figura 32. Vehículos de motor registrados en circulación.

La prestación de los servicios de envío y recepción de todo tipo de correspondencia, paquetes, giros postales, así como de remesas de dinero, telegramas, fax y otros productos y servicios postales y telegráficos se realizan en 96 oficinas postales y tres de telégrafos. Asimismo en Tuxtla Gutiérrez se cuenta con 18 de las 62 estaciones radioeléctricas de aficionados registradas en el estado.



Tuxtla Gutiérrez dispone de 60 sucursales de banca comercial que contribuyen a la distribución y financiamiento de recursos mientras que de la banca de desarrollo se cuenta con cinco sucursales (ver Figura 33).

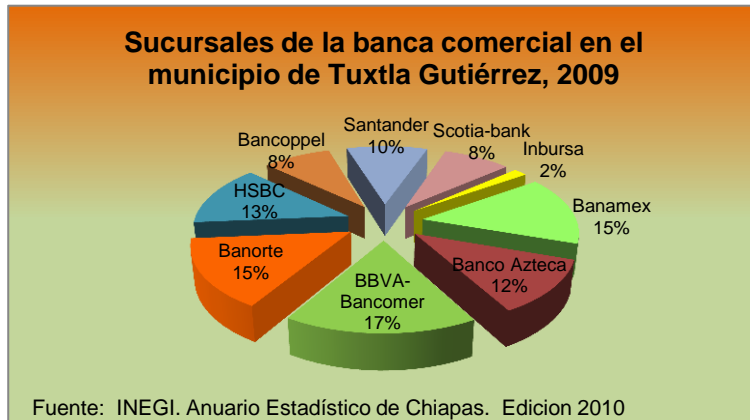


Figura 33. Sucursales bancarias en Tuxtla Gutiérrez.

Dentro de la infraestructura y servicios urbanos del municipio se encuentra el aeropuerto de Terán que realiza operaciones para vuelos civiles. Cabe mencionar que el Aeropuerto Ángel Albino Corzo, aunque ubicado en el municipio de Chiapa de Corzo, es estratégico para Tuxtla Gutiérrez dada su cercanía y la capacidad de atención, que en el año 2009 fue de 630,500 pasajeros de vuelos comerciales y 8,216 operaciones de aviación civil que comprende vuelos comerciales, particulares y oficiales. Además para el suministro de combustible existen 23 gasolineras y 5 estaciones de carburación de gas.

Asimismo, para auxiliar y reubicar a la población en casos de contingencias naturales o de tipo social se dispone de 131

albergues ubicados en la zona urbana de Tuxtla Gutiérrez, uno en El Jobo y uno más en la localidad rural de Emiliano Zapata, los cuales tienen una capacidad de 13, 191, 54 y 72 personas respectivamente. En ese sentido, también es posible contar con dos estaciones de bomberos ubicadas en la cabecera municipal, que con 19 unidades y 12 voluntarios atienden las emergencias de rescate e incendios, así como diversos llamados de auxilio de la población. También se cuenta con una unidad médica de la Cruz Roja.

### 5.3. Elementos demográficos

#### 5.3.1. Población total

Tuxtla Gutiérrez como municipio tiene una población al 2010 de 553,278 habitantes, de los cuales 47.7% son hombres y 52.3% mujeres; la composición por sexo de la población en este año vista a través del indicador relación hombre-mujer, refleja que en el municipio hay 91 hombres por cada 100 mujeres, existiendo un ligero predominio en el volumen de la población femenina.

#### 5.3.2. Tasa media anual de crecimiento

En el transcurso del tiempo, se observa que el municipio ha tenido un intenso poblamiento principalmente entre las décadas de 1970, 1980 y 1990, cuya tasa de crecimiento de la población fue de 8.6% anual en la primera década, ocasionado principalmente por el establecimiento definitivo de trabajadores provenientes de otras partes del país para la construcción de la presa hidroeléctrica Manuel Moreno Torres. A partir de entonces se empieza a observar un descenso en el ritmo de crecimiento de la población de tal forma que de una

tasa de crecimiento anual de 3.9% en el año 2000 desciende a 2.4% al año 2010 (ver Figura 34).

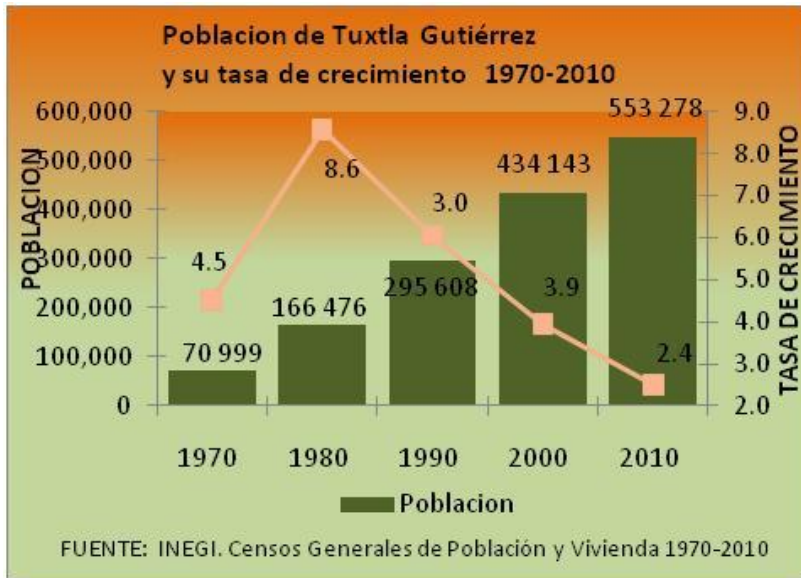


Figura 34. Tasa de crecimiento de la población de Tuxtla Gutiérrez 1970-2010.

En la zona metropolitana en el periodo 2000 a 2005, el crecimiento más fuerte se refleja del lado norte, y de este, el cuadrante poniente con una tasa de crecimiento de 3.1% anual, mientras que el cuadrante oriente creció en 2.9%. Del lado sur, el poniente tuvo un crecimiento de 2.86% y el oriente 1.07% anual (ver Figura 35).

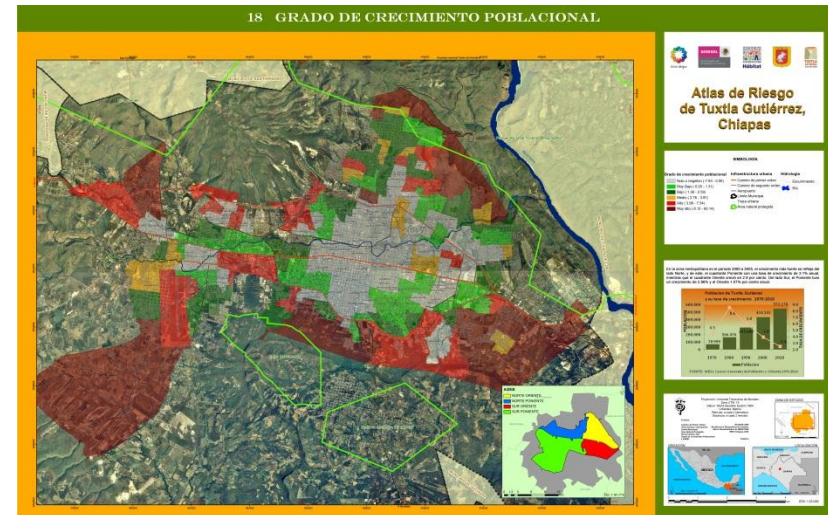
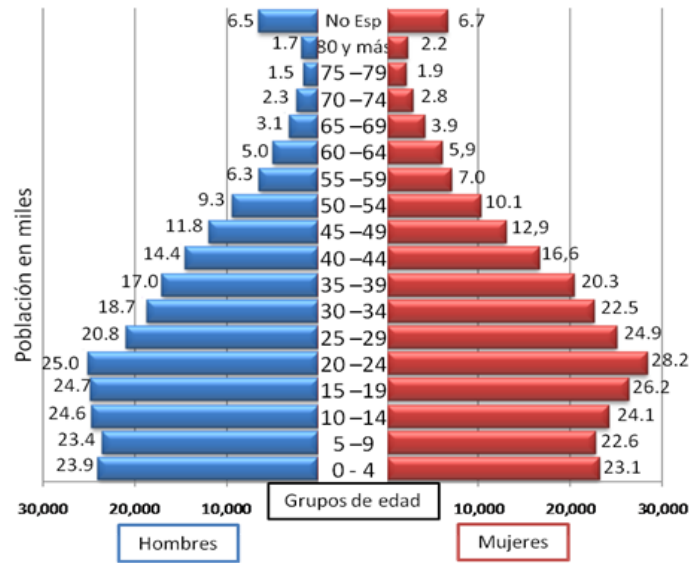


Figura 35. Tasa de crecimiento municipal en el municipio de Tuxtla Gutiérrez. Fuente: INEGI, 2005.

### 5.3.3. Población por grupos de edad y sexo

De acuerdo con los datos del Censo de Población y Vivienda 2005, los grupos de edad de la pirámide poblacional muestran dos situaciones particulares en la estructura de la población tuxtleca. En primer término los resultados de la llamada transición demográfica, que está permitiendo una base menos amplia y más evidente en los tres primeros grupos de edad. El grupo de edad con mayor proporción de población es el de 20 a 24 años con 10.6% del total. En segundo lugar, por sexo, en el grupo de población de 0 a 14 años se muestra mayor predominio de la población masculina, pero a partir del grupo de población de 15 a 19 años, la cantidad de mujeres es ligeramente superior a la de los varones en cada uno de los estratos (ver Figura 36).

PIRÁMIDE POBLACIONAL POR GRUPOS QUINQUENALES DE EDAD  
TUXTLA GUTIERREZ 2005



FUENTE: INEGI. II Censo de Población y Vivienda 2005. Tabulados Básicos.

Figura 36. Pirámide poblacional por grupos quinquenales de edad en Tuxtla Gutiérrez.

### 5.3.4. Tasa de dependencia económica

La población municipal se concentra principalmente en el grupo denominado en *“etapa productiva”* que corresponde a la población de 15 a 64 años, donde según estimaciones del Conapo, es de 388,328 habitantes, correspondiente a cerca del 71% de la población municipal. Por su parte, la población de 0 a 14 años es 134,379 habitantes que representa 24.6%, mientras que el grupo de 65 años y más concentra tan solo el

4%. Esta estructura de población dota al municipio de una tasa de dependencia económica de 40.98%, siendo de las más bajas de los municipios de la entidad, incluso del promedio estatal, que es 59.4%, lo cual provee de mayores ventajas y oportunidades para la obtención de ingresos por persona más altos.

### 5.3.5. Densidad de población

La alta concentración de los habitantes propicia que Tuxtla Gutiérrez registre al año 2010, la mayor densidad de población de los municipios de la entidad, con 1,651.8 hab/km<sup>2</sup> de la superficie municipal.

Considerando las diferentes zonas del área metropolitana, se observa que el lado nororiente de la ciudad registra la mayor concentración de población con una densidad de 6,317 hab/km<sup>2</sup>, tres veces más que la zona sur poniente que es de 1,550 hab/km<sup>2</sup>. Por su parte, las zonas suroriente y norponiente registran 4,901.5 y 4,526 habitantes hab/km<sup>2</sup>. Cabe mencionar que la densidad de población estatal es de 65.4 hab/km<sup>2</sup> según el último Censo de Población y Vivienda (2010).

En la Figura 37 se muestra la densidad de población por Áreas Geostadísticas Básicas (Ageb), según el Censo de Población del INEGI 2005 y en la Figura 38 dicha densidad por manzanas. De acuerdo a lo expresado líneas arriba y considerando los datos que se muestra en el apartado 6.2.10. (Caracterización sociodemográfica del área de influencia del río Sabinal en riesgo por inundación), deberán de servir de base para la revisión del Programa de Contingencias de Protección Civil, considerando la población, equipamiento e infraestructura vulnerables.

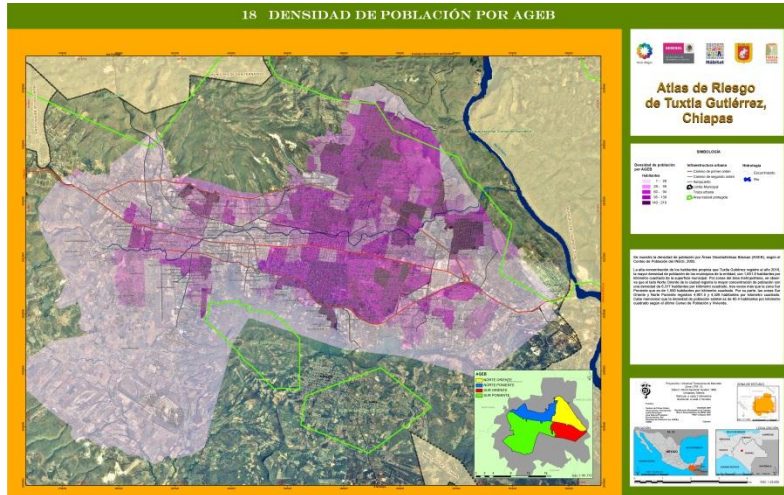


Figura 37. Densidad de población en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez por Ageb. Fuente INEGI, 2005.

### 5.3.6. Tasa de fecundidad, natalidad y mortalidad

El crecimiento y la estructura de la población municipal, está incidiendo entre otros elementos por la fecundidad. En el año 2005 se registró un promedio de 1.55 hijos por mujer, del grupo de edad de 15 a 49 años. Según las estadísticas vitales en el año 2008, ocurrieron 13,392 nacimientos, estimándose una tasa bruta de natalidad de 25.2 nacimientos por cada mil habitantes. Por otra parte, la tasa bruta de mortalidad en ese mismo año fue de 5.5 defunciones por cada mil habitantes.

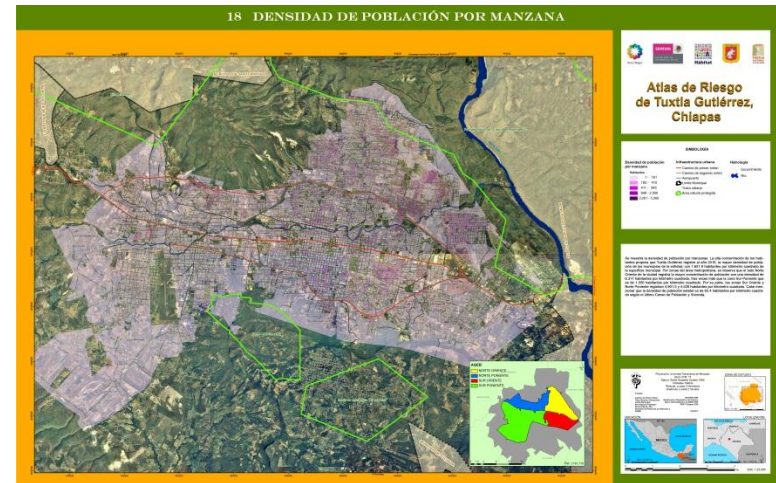


Figura 38. Densidad de población en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez por manzana. Fuente: INEGI, 2005.

### 5.3.7. Porcentaje de población urbana y rural

El municipio está integrado por 158 localidades, de las cuales 98.1% son menores de 2,500 habitantes donde reside 0.5% de la población municipal, mientras que en tres localidades (Tuxtla Gutiérrez, El Jobo y Copoya) se concentra 99.5% del total de la población. Con esa integración territorial, estas tres localidades conforman el estrato urbano del municipio con una población de 550,512 habitantes, mientras que 155 estarían denominadas como rurales con únicamente 2,766 habitantes (ver Cuadro 7).

### 5.3.8. Principales características de los hogares

El Censo de Población y Vivienda de 2005, identificó en el municipio 126,608 hogares, con una estructura de tipo tradicional, donde cerca del 92% son de tipo familiar

principalmente nucleares y ampliados, aunque se observa un ligero aumento en las últimas tres décadas de la proporción de hogares no familiares. El tamaño promedio de los hogares es de 3.9 integrantes y la jefatura del mismo es en mayor proporción masculina, ya que el 72.8% tienen a un hombre como jefe del mismo, porcentaje que también es descendente en 6.8 puntos porcentuales de 1990 a 2005 (ver Cuadros 7 y 8).

Cuadro 7. Porcentaje de población urbana y rural en el municipio de Tuxtla Gutiérrez.

Tamaño de localidad y ámbito	Población					
	1990	Rel.	2000	Rel.	2010	Rel.
Total municipio	295,608	100	434,143	100	553,278	100
Ámbito rural	2,712	0.9	1,893	0.4	2,766	0.5
1-2,499	2,712		1,893		2,766	
Ámbito urbano	292,896	99.1	432,250	99.6	550,512	99.5
2,500-1,499	3,270		7,671		11,504	
15,000 y más	289,626		424,579		539,008	

Fuente: INEGI. Censos Generales de Población y Vivienda 1990-2000 y Estimaciones con datos del Censo de Población y Vivienda 2010 y Proyecciones de Población del Conapo.

### 5.3.9. Grado de Marginación

En la Figura 39 se muestra el grado de marginación existente en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, donde se aprecia en términos generales que la zona residencial al poniente de la ciudad es la de muy bajo grado de marginación; la zona centro de nivel bajo y la periferia de la ciudad con muy alto grado de marginación, destacando la zona oriente en la conurbación con Tuxtla Gutiérrez (colonias Plan Chiapas, El Refugio, Julio Cesar Ruíz Ferro), así como la zona nororiente con asentamientos irregulares dentro de la poligonal del Parque Nacional Cañón del Sumidero y la zona sur poniente. Nuevo Tuxtla aparece con grado alto de marginación.

Cuadro 8. Principales características de los hogares de Tuxtla Gutiérrez 2000, 2005.

Hogares	2000	%	2005	%
Tipos de hogares	105,227	100	126,608	100
Familiar	97,613	92.8	116,406	91.9
No familiares	7,472	7.1	10,089	8.0
No especificado	142	0.1	113	0.1
Hogares según el sexo del jefe	105,227	100	126,608	100
Hombres	79,788	75.8	92,140	72.8
Mujeres	25,439	24.2	34,468	27.2
Tamaño promedio de los hogares	4.05	-	3.87	-

Fuente: INEGI, XII Censo General de Población y Vivienda, 2000 y Conteo de Población y Vivienda, 2005.

### 5.3.10. Migración nacional e internacional

Según el último Censo de Población y Vivienda, 7,280 personas no vivían en Tuxtla en el año 2000, que representan 1.64% de la población de 5 años y más. De estas, 95.18% provenían principalmente de México y el Distrito Federal, así como de Oaxaca, Veracruz, Tabasco y Puebla, entre otras entidades. Los inmigrantes internacionales representan 4.82%, del total de migrantes, siendo estadounidenses 2.87%. Por sexo, se observa que 50.4% de los migrantes son varones y 49.6% mujeres.

### 5.3.11. Población hablante de lengua indígena

La población en hogares indígenas según el Censo de Población y Vivienda 2005 es de 15,873 personas, que representa 3.2% de la población en hogares del municipio. Las lenguas indígenas más habladas son el Tzeltal y el Tzotzil en igual proporción de 31.9%. Le sigue el Chol con 8.1%, entre otras.

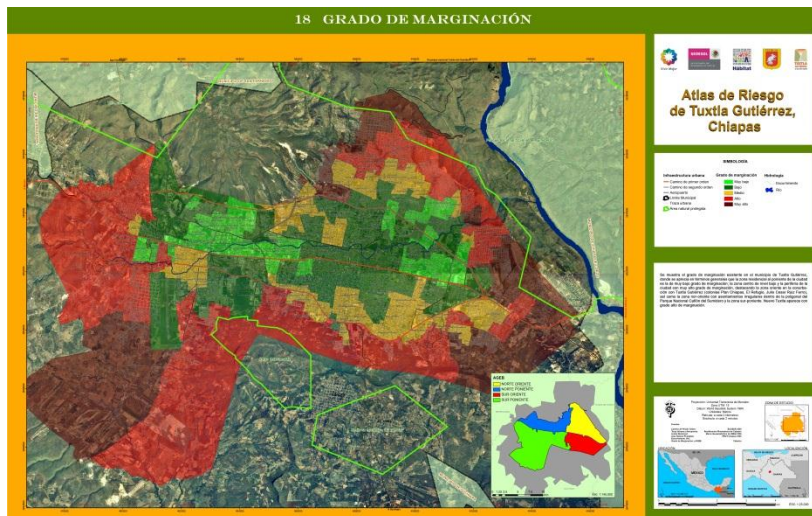


Figura 39. Grado de marginación en el municipio de Tuxtla Gutiérrez. Fuente: INEGI, 2005.

## VI. Identificación de peligros, vulnerabilidad y riesgos ante fenómenos perturbadores de origen natural<sup>11</sup>

La Guía de Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgo y Catalogo de Datos para Representar Riesgo en México (Sedesol, 2009), señala que “...Los apartados básicos de peligro son los siguientes: A) Método, evidencias e Indicadores de vulnerabilidad de los peligros geológicos: a. Fallas y fracturas, b. Sismos, c. Tsunamis y maremotos, d. Peligros volcánicos, e. Deslizamientos, f. Derrumbes, g. Flujos, h. Hundimientos, f. Erosión. B) Método, evidencias e indicadores de vulnerabilidad de los peligros hidrometeorológicos: a. Sistemas Tropicales. Huracanes; b. Sistemas Tropicales. Ondas Tropicales; c. Masas de aire. Nevadas. d. Masas de aire y frentes. Nevadas. e. Tormentas eléctricas. f. Sequías. g. Temperaturas máximas extremas; h. Vientos. i. Inundaciones...”.

En este sentido abordamos la elaboración del Atlas de Riesgos para el municipio de Tuxtla Gutiérrez. Uno de los problemas más frecuentes en el país es la falta de una planificación territorial, esta situación ha dado como resultado un mal uso del territorio; lo anterior se pone de manifiesto en aquellos casos donde el desarrollo urbano se ha realizado sin contemplar los posibles peligros por fenómenos de índole

<sup>11</sup> Esta identificación se realiza siguiendo con especial rigor la guía para la elaboración de Atlas de Riesgos y/ peligros de la Sedesol (2009); no obstante como en la misma se señala (pág. 5), “...estas metodologías de estudio...” (fueron) “...desarrolladas a partir de un esquema que contempla un aumento progresivo en el grado de detalle del estudio del fenómeno perturbador, con base a la profundidad de análisis, información disponible, experiencia del personal que los desarrolla, de los recursos económicos...” (y tiempo del contrato para su elaboración).

natural que pudieran afectar a la sociedad. Según Enríquez et al. (2010) los peligros de este tipo están asociados a procesos geológicos, geomorfológicos e hidrometeorológicos. Por tanto, es importante identificar estos fenómenos, ya que en la medida que se tenga conocimiento sobre ellos, se pueden prevenir o mitigar sus efectos.

El objetivo de este apartado es determinar las zonas con mayor susceptibilidad a ser afectadas por fenómenos de origen geológico - geomorfológicos en el municipio de Tuxtla Gutiérrez.

Para cumplir con lo anterior, se contó con información cartográfica geológica del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 1984) y del Servicio Geológico Mexicano (2005), bajo una escala 1:250,000; además, se contó con ortofotos digitales del año 2007 del INEGI, con una resolución de un metro. Respecto a la información topográfica se obtuvo un mapa con curvas de nivel a cada metro (Dirección de Catastro-Gobierno del Estado de Chiapas, 2006), con el cual se pudo generar un modelo digital de elevación detallado y de esta manera fortalecer el análisis geológico – geomorfológico.

Asimismo se realizó una investigación geomorfológica (de gabinete y de campo) bajo dos escalas 1:50,000 y 1:20,000, siguiendo el método planteado por Enríquez et al. (2010), mediante el cual se caracterizaron los atributos geomorfológicos: a) morfología, b) pendiente, c) densidad de escurrimientos superficiales, d) disección vertical, e) órdenes de corrientes, f) altimetría, a través de técnicas de fotointerpretación, bajo el uso de pares fotográficos estereoscópicos digitales, así como la aplicación de diferentes módulos automatizados de análisis espacial contenidos en un

sistema de información geográfica (SIG). Todo este análisis de gabinete fue verificado en campo a través de diversas visitas, las cuales se documentan en los anexos 13.9.

## 6.1. Fenómenos geológicos<sup>12</sup>

Los fenómenos geológicos comprenden aquellos procesos relacionados con los materiales de la corteza terrestre, su dinámica externa e interna.

El estado de Chiapas y por lo tanto el municipio de Tuxtla Gutiérrez, al igual que el país se encuentra en un entorno geológico-tectónico dinámico, por lo que está continuamente expuesto a peligros relacionados con actividad sísmica, vulcanismo y fallamientos tectónicos asociados, a los cuales el ser humano contribuye por la extracción de agua subterránea, deforestación de laderas, construcción de caminos, entre otros. Lo anterior causa daños a la vivienda, la infraestructura y el equipamiento urbano, por la aparición de fracturas y fallas, producto de hundimientos diferenciados del terreno principalmente en valles aluviales que al combinarse con factores atmosféricos y gravitacionales producen también deslizamientos de laderas, flujos de lodo, e inundaciones, entre otros.

---

<sup>12</sup> La identificación de los riesgos geológicos se obtuvo en principio en el nivel 1. Determinación de la presencia de los fenómenos, la experiencia del equipo en el tema, conocimiento previo de zonas en donde existen los procesos dado el caso; bases de datos de Protección Civil y hemerotecas, reconocimiento de los sitios y trabajo de campo en equipo, búsqueda de evidencias. Trabajo en gabinete y discusión y análisis de información mediante talleres y presentación de avances de resultados ante autoridades federales, estatales y municipales.

A continuación se presentan los resultados de los peligros por fenómenos geológicos en el área de estudio, indicado el método que se siguió para cada uno de ellos y las evidencias encontradas.<sup>13</sup>

### 6.1.1 Fallas (método y evidencias)<sup>14</sup>

Una falla es un plano de discontinuidad de una masa rocosa o material poco consolidado, en donde se observa a diferencia de las fracturas, un movimiento relativo entre los bloques resultantes, es decir, la o las fallas rompen una masa de roca y se desplazan diferencialmente.

Dependiendo de su movimiento, las fallas son pasivas o activas; las primeras prácticamente no constituyen un riesgo debido a que ya no presentan desplazamiento, aunque el plano de falla puede tener material poco consolidado. Las fallas activas pueden tener desde un movimiento imperceptible en términos históricos, es decir, de varios siglos, hasta otros que suceden súbitamente y que pueden romper aceras, tuberías, viviendas, surcos de cultivo, etc., o bien desencadenar sismos, deslaves o derrumbes en las áreas inmediatas a la falla.

Las fallas se clasifican, en función del tipo de desplazamiento, en fallas normales, inversas y de transcurrancia. En las dos

---

<sup>13</sup> Los mapas temáticos se presentan como figuras en los apartados correspondientes solo como referencia. Estos se encuentran con mayor detalle y escala para su mejor consulta en un anexo cartográfico con los requerimientos señalados en la Guía de Elaboración de Atlas de Riesgo y/o Peligro, así como los diccionarios de datos y metadatos de dichos mapas.

<sup>14</sup> La parte introductoria de este apartado es tomada de Sedesol (2003).



primeras hay un movimiento vertical entre los bloques y en la tercera el desplazamiento es horizontal. En la superficie se observan como líneas que resultan de la intersección de un plano de falla con la superficie terrestre (SPP-UNAM, 1984).

El peligro potencial aparece cuando se presenta un asentamiento humano sobre una falla activa o en las inmediaciones de ésta. El tema de peligros geológicos originados por fallas y fracturas se obtiene mediante el análisis de información de mapas de estructuras geológicas como fallas y fracturas geológicas publicadas (INEGI, COREMI).

Otra manera de obtener el peligro por fallas y fracturas se deriva de la interpretación de fotografías aéreas, imágenes de satélite y de la observación en campo. Su importancia radica en la evaluación de las afectaciones actuales de las fallas activas y del daño potencial que estas pueden causar en casas, edificios, equipamiento e infraestructura, en zonas rurales y urbanas.

Para el análisis del peligro también se puede utilizar información de registros geofísicos de distintas entidades públicas tales como: COREMI, UNAM, CENAPRED, etc., para complementar la información de las zonas de peligros y la evaluación de zonas de riesgo.

El reconocimiento de fallas y fracturas para la zona de estudio, se realizó con la consulta cartográfica de imágenes de satélite, bibliográfica y trabajo de campo, mediante recorridos en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, considerando el método y evidencias referidos en la guía, como se muestra a continuación.

Cuadro 9. Características del método y evidencias encontradas para determinar el peligro por fallas y fracturas.

Nivel 1. Método	Evidencias
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 en sus tres dimensiones (largo, ancho y profundidad). El sitio en cuestión se entiende como el lugar donde se sospecha o se presentan indicios del fenómeno perturbador, o el sitio que se incluye en el análisis para el Atlas de Riesgos.	Las evidencias suelen presentarse en calles, banquetas, guarniciones, bardas, casas habitación, líneas de conducción y otras obras civiles; en paredes de cortes de terreno, en barrancas, caminos, zanjas, etcétera, donde pueden apreciarse diferentes capas geológicas, con la traza de estas estructuras.

**6.1.1.1. Antecedentes**

La combinación de efectos del tectonismo que han actuado sobre la región chiapaneca a través de millones de años de historia geológica, han dado lugar a la formación de varias provincias tectónicas, las cuales son:

- Macizo Granítico de Chiapas
- Anticlinorio de Comalapa
- Sinclinorio Central
- Fallas de transcurrencia
- Simojovel
- Miramar
- Arco de la Libertad

Las principales fallas geológicas continentales y locales que atraviesan el territorio chiapaneco son: la Placa de Norteamérica; Placa de Cocos por debajo de la Trinchera de Mesoamérica y el sistema de fallas Motagua-Polochic que representa la falla de transcurrencia de la placa del Caribe; así como las fallas locales de Mapastepec, San Fernando, Malpaso Muñiz, Chicoasén-Malpaso, Chacté-Ocosingo, Bajacú, Tumbalá, Yaxchilán, Sontic-Itzantun y Yajalón. No obstante, el largo proceso tectónico que tiene la entidad ha dado lugar a numerosas fallas más pequeñas que atraviesan diversas poblaciones (figura 40) (Ramos, 2010).

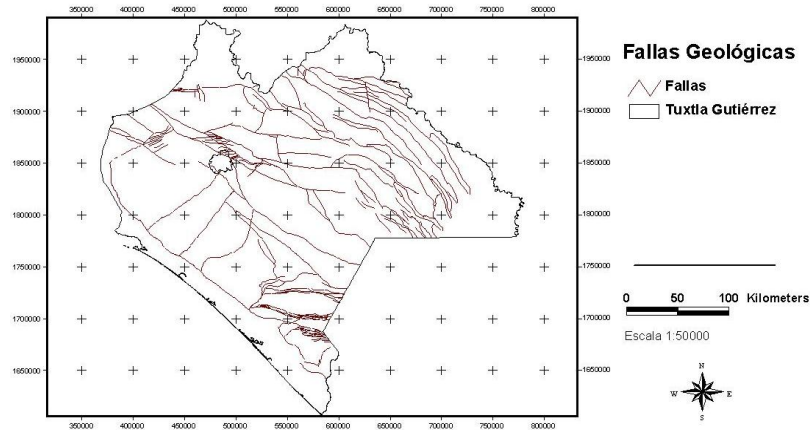


Figura 40. Principales fallas geológicas del estado de Chiapas (adaptado de Ramos, 2010).

### 6.1.1.2. Cartografía de fallas

El municipio de Tuxtla Gutiérrez se encuentra influenciado por la presencia de fallas importantes tales como: la falla Malpaso-Muñiz, anticlinal El Sumidero, anticlinal Suchiapa y la falla de San Fernando.

Con la finalidad de tener un conocimiento de fallas y fracturas y fracturas/fallamientos en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, se recurrió al estudio y digitalización de los mapas existentes (carta geológico-minera E15-11 y fallas geológicas del atlas de peligros PC). Además, fue realizada una interpretación con recursos de fotografía aérea y modelos de elevación sombreados escala 1:20,000.

El resultado del trabajo es un mapa (Figura 41), que representa las principales fallas detectadas, lo que permitirá definir los márgenes de seguridad en construcciones próximas a las mismas y en su caso de ser activas su potencial sísmico (sismicidad cortical).

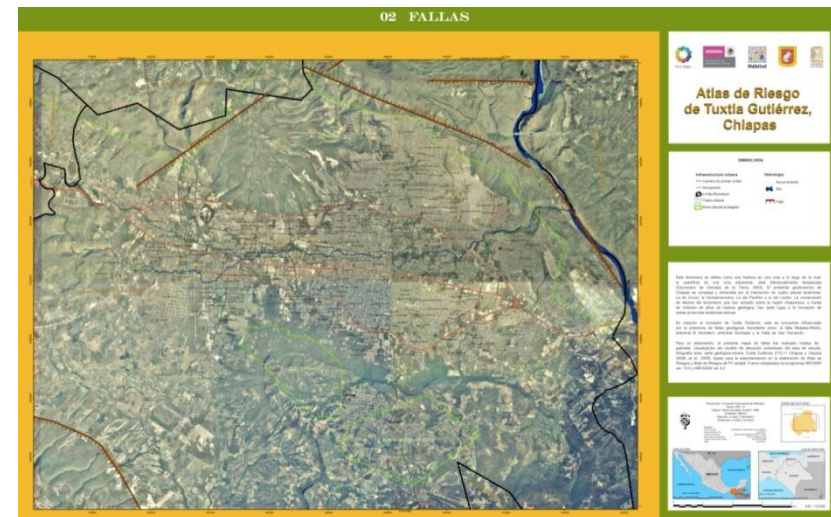


Figura 41. Mapa de fallas geológicas en Tuxtla Gutiérrez.

### 6.1.1.3. Fracturas<sup>15</sup>

La literatura relacionada con riesgos generalmente no considera a las fracturas como una amenaza, debido a que por sí mismas no son detonadores de desastres; sin embargo es un rasgo geológico que potencialmente acelera los procesos que ocasionan afectaciones en la infraestructura.

Una fractura es un plano de discontinuidad de una masa rocosa o de material poco consolidado que se observa en la superficie como una línea con una abertura con un ancho de milímetros o varios decímetros. El conjunto de fracturas o fracturamiento implica una debilidad de la roca o material no consolidado que favorece los deslizamientos, los derrumbes o caída de bloques y en ocasiones los flujos, que pueden afectar una zona urbana (Lundgren, 1973); por otra parte, los diaclasamientos (fisuras de dimensiones reducidas) y fracturamientos, permiten un mayor intemperismo físico y químico sobre la roca. Si bien en la superficie del terreno se pueden observar como líneas, éstas resultan de la intersección de un plano de fractura con la superficie.

Las fracturas se detectan a partir de la identificación de alineamientos en las curvas de nivel y en la red hidrológica, así como en fotografías aéreas e imágenes de satélite que presenten combinaciones de bandas que resalten aspectos geológicos. Son fácilmente distinguibles como fisuras o agrietamientos en la superficie del terreno, principalmente en ambientes montañosos y de piedemonte, que pueden

continuar por varios centenares de metros o kilómetros. Se recomienda realizar, a fin de obtener un mayor análisis, rosetas de fracturas para determinar el patrón de direccionamiento, y mapas de densidad de fracturas para ubicar los sitios de mayor incidencia y focos rojos para un mayor análisis durante el levantamiento de campo. Estos focos rojos podrían incidir en un mayor potencial de inestabilidad de laderas y de erosión. Las fracturas, a diferencia de las fallas, no presentan movimiento.

Se representan con línea sólida de color rojo oscuro de un punto de grosor y los atributos son; azimuth, en un campo numérico con un ancho de tres dígitos; inclinación, en un campo numérico de dos dígitos y rumbo, texto o alfanumérico de 6 bites.

### 6.1.1.4. Cartografía de fracturas en Tuxtla Gutiérrez

Las fracturas que se presentan en el municipio de Tuxtla Gutiérrez se encuentran relacionadas con los procesos de hundimientos y de remoción de masas, derivadas del tipo de geología, pendientes y la presencia o extracción de agua del subsuelo.

Las zonas de la ciudad que presentan el fenómeno de fracturas se encuentran localizadas principalmente en las zonas depósitos de suelos arcillosos muy plásticos de baja, media y alta expansividad y formados por estratos de limos y arcillas de consistencia firme.

Las colonias afectadas por este fenómeno son: Terán, Moctezuma, Arboledas, Bienestar Social, El Retiro, Los Laureles, Las Palmas, El Brasilito, Lomas de Oriente y

<sup>15</sup> Sección tomada de Sedesol, 2003.

Fovissste; así como las márgenes del río Sabinal a aproximadamente 200 m a cada lado.

Las evidencias pueden ser detectadas por el fallamiento estructural de infraestructura y vivienda (Foto 28), las cuales son causadas por procesos de remoción en masas y hundimientos.



Foto 28. Evidencias de fracturas en Tuxtla Gutiérrez, Colonia Las Palmas.

Con base en las visitas de campo, información geológica del INEGI y la cartografía de líneas de agua y pendientes, se designaron las áreas que, por procesos meteorológicos, sísmicos y gravíticos, son susceptibles a la formación de fracturas.

El mapa presentado en la figura 42 representa las zonas donde el fenómeno de fractura se puede observar. En las márgenes del río Sabinal existe una zona extensa con la presencia de este fenómeno, principalmente caracterizado por el tipo de geología y la existencia de agua superficial y de mantos freáticos superficiales.

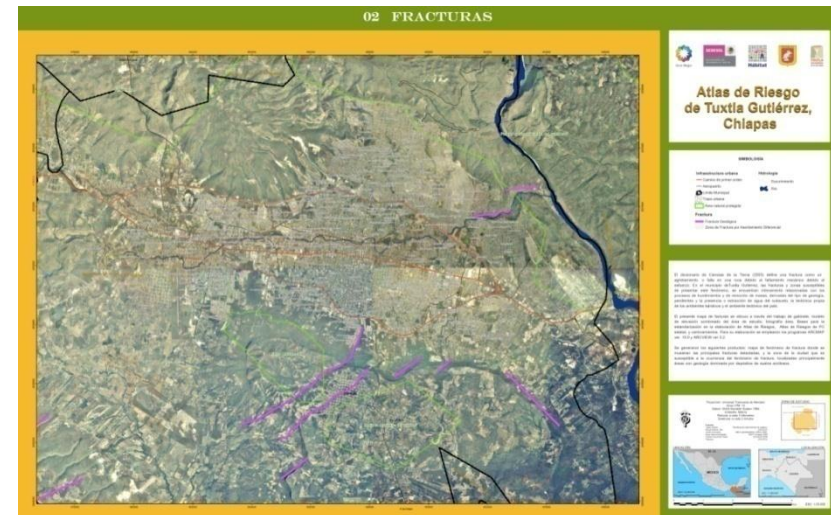


Figura 42. Mapa de peligros por fenómenos de fractura en Tuxtla Gutiérrez.

La vulnerabilidad respecto a fallas y fracturas en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, se analizó de acuerdo a la guía metodológica, según se muestra a continuación.

## Indicadores de vulnerabilidad

En la zona metropolitana del municipio, 806 manzanas total o parcialmente se encuentran en la superficie identificada en peligro por fracturas por asentamiento diferencial, ubicándose en la ciudad de la siguiente manera:

### Zona Norte-Oriente

El Censo de Población y Vivienda 2005 reportó sus características sociodemográficas, las cuales se describen a continuación:

La población es de 28,911 personas, las cuales radican en 7,392 viviendas distribuidas en 330 manzanas. Cerca del 53% de los habitantes de la zona son mujeres y el 47% hombres. Por otra parte, cerca de 23.9% de la población es menor a 15 años de edad y 5.3% es mayor a 64 años.

De las viviendas que se ubican en esta área, 98.8% disponen de piso firme de madera, mosaico u otro material y 1.2% tienen piso de tierra. En cuanto al equipamiento de bienes domésticos, 96.9% de las viviendas tiene televisión, 92.5% refrigerador, 69.1% lavadora y 38.5% computadora.

Según el Conapo, en el año 2005 esta zona registraba predominantemente un grado de marginación bajo en primer término, seguido de otras áreas con marginación muy baja.

Por lo que respecta a la estructura productiva, los 208 negocios de la zona predominan en las colonias, barrios y fraccionamientos: Hidalgo, La Pimienta, San Jacinto, Centro, 24 de Junio, Infonavit Grijalva, Maya, Periodistas, El Brasilito,

El Vergel, Buenaventura, Santos, Infonavit El Rosario y San Jacinto.

Los mayores negocios en esta zona son dos empresas que tienen más de 100 personas empleadas. El primero de ellos es una planta de purificación y embotellado de agua, ubicada en el fraccionamiento Santos. El segundo establecimiento fabrica equipo eléctrico y electrónico y sus partes para vehículos automotores en la 15 Oriente Norte.

Los centros educativos instalados en esta zona corresponden a los jardines de niños y niñas: La Escuela del Saber, Esperanza Castellanos, Samuel León Brindis, Leona Vicario, Matilde Montoya, Ignacio Allende, Luz Isabel Cancino de Ceballos, Celestín Freinet, Dr. Romeo Rincón Castillejos y Enrique Esquinca Méndez.

Escuelas primarias: Juan Escutia, Cuauhtémoc, Ángel Albino Corzo, Francisco I. Madero, Club de Leones, Lázaro Cárdenas, Camilo Pintado y Naciones Unidas.

Escuelas secundarias: Joaquín Miguel Gutiérrez, Técnica N° 2, Técnica N° 71, Plaza Comunitaria del INEA y el CEBECH Belisario Domínguez que también integra primaria y preescolar.

Nivel medio superior y superior: CONALEP Paso Limón, Instituto Tecnológico del Centro, Instituto de Estudios Superiores Sor Juana Inés de la Cruz, Colegio de Bachilleres Plantel 13, Instituto de Estudios Superiores de Chiapas, Rosaura Zapata Cano, Bertha Von Glumer Leyva, Universidad San Marcos, Instituto Chiapaneco de Estudios de Postgrado en Psicoterapia, Incubadora Social, y Universidad Koben Yah.

Además se encuentran el Colegio Chiapas, Universidad Pablo Guardado Chávez, El Colegio Laureles y el Centro de Educación Básica para Adultos (CEBA) General Emiliano Zapata, que combinan diversos niveles de educación.

Se encuentran con mayor vulnerabilidad y exposición al peligro una población estimada de 21,719 personas integrantes de 5,689 viviendas.

### Norte-Poniente

En 269 manzanas radican 27,419 personas y poco más del 53% de la población es del sexo femenino y 47% del sexo masculino. La población menor a 15 años es de 23.4%, mientras que los mayores de 64 años participan en la estructura de la población con 6.3%.

Las características principales de las 7,258 viviendas ubicadas en la zona son: tienen piso firme y otros materiales distintos a tierra en un 98.5%; 96.6% disponen televisión, 91.4% tiene refrigerador, 66.8% lavadora y 39.2% de las viviendas tiene computadora.

El Conapo determinó en el año 2005, una zona heterogénea en relación a su marginación, predominando las manzanas con grados de marginación bajo y muy bajo.

La estructura productiva la conforman 180 pequeños negocios, en su mayoría con un máximo de 5 personas empleadas y se encuentran ubicados en las colonias: Colón, Juy-Juy, Niño de Atocha, Santo Domingo, Centro, Cobadonga, C.F.E, Bonampak, Los Laguitos, Plan de Ayala, entre otras.

Por su tamaño, sobresalen tres empresas, una de ellas ubicada en el fraccionamiento Laguitos que se dedica a la purificación y embotellado de agua; otra más de comercio al por mayor de leche y otros productos lácteos se encuentra en la carretera Tuxtla-Chicoasén; y la última de comercio al por mayor de cerveza se encuentra establecida sobre la 5ª Norte.

Cabe destacar que dentro de esta zona se identifican las siguientes escuelas:

Prescolar: Rufino Tamayo, Gymboory, Miguel Hidalgo y Costilla, Xicoténcatl, María Montessori, Fovissste Tuxtla II, Fidelina Rincón y Emilio Mogel.

Primarias y secundarias: Colegio Integral Gandhi, Profesor Raúl Isidro Burgos, David Gómez, Prof. Luis Álvarez Barret, Restauración de la República, Gustavo Díaz Ordaz, Instituto Fray Víctor María Flores y Secundaria Técnica N° 65.

Media superior y superior: las Preparatorias 2 y 4, El Instituto Nacional de Estudios Fiscales y la Universidad Linda Vista. Asimismo se encuentra el Colegio Diego Rivera que integra diversos niveles de educación.

La población estimada en situación de peligro asciende a 17,072 personas residentes de 4,683 viviendas.

### Sur-Oriente

En el sur oriente el área con susceptibilidad a fracturas abarca total o parcialmente 63 manzanas con 5,833 residentes, siendo 55% mujeres y 45% hombres y una población vulnerable por edad menor de 15 años de 21.9% y mayor de 64 años de 9.4%.

Las viviendas son 1,524, de las cuales 99.3% tienen piso firme y materiales diferentes a tierra. Las viviendas disponen de los siguientes bienes domésticos: televisión 97.8%, refrigerador 94.0%, lavadora 66.1% y computadora 32.9%. En esta zona predominan manzanas con grado medio de marginación, según estudios del Conapo.

Se ubican 35 negocios en las colonias, barrios y fraccionamientos: San Roque, Centro, Bienestar Social, José Castillo Tielmans, Santa Cruz, Tzocotumbak, La Misión, y Magisterial. Un negocio de beneficio del café, ubicado en el libramiento sur oriente, se identifica como el mayor de los establecimientos en la zona.

Las escuelas primarias en la zona son: Reforma Educativa, Profesor Eliseo Palacios y la UNESCO, entre otras.

La población con mayor susceptibilidad a peligro asciende aproximadamente a 4,025 personas y 1,073 viviendas.

### Sur-Poniente

Se identifican 144 manzanas con 4,809 habitantes, con una proporción de 51% mujeres y 49% hombres. La población vulnerable es de 30.5% menor a 15 años y 3.8% tiene 65 y más años. De las 4,809 viviendas construidas en la zona, 91.2% tienen piso distinto a tierra.

En cuanto a la disposición de bienes domésticos en 94.4% de las viviendas tienen televisión, 84.2% refrigerador, 58.0% lavadora y 25.5% computadora. El grado de marginación al año 2005 fue medio en la mayoría de las manzanas de las colonias. Se encuentran 121 negocios en las colonias y

fraccionamientos: Terán, Los Laureles, San José Terán, El Campanario, La Gloria, La Herradura, San Isidro Buenavista y Ampliación Sur Plan de Ayala.

Se encuentran las siguientes escuelas:

Prescolar: Colegio Emilio Rosembueth, Profesor Alberto Garzón González, Naciones Unidas y Herlinda N. de Grajales.

Primarias y secundaria: Niños Héroes, Josefa Ortiz de Domínguez, Enrique Rodríguez Cano, Cinco de Mayo y Secundaria Ricardo Flores Magón.

Media superior, superior y otros establecimientos educativos: Preparatoria Abierta IPCH, Escuela de Enfermería, Colegio Cocinarte, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

La zona con mayor población en peligro cuenta con 9,605 personas en 2,434 viviendas.

### 6.1.1.5. Grado o nivel de riesgo, peligro y/o vulnerabilidad por fallas y fracturas en Tuxtla Gutiérrez

En conclusión, la determinación de fallas y fracturas de origen geológico o debido a hundimientos diferenciales determinadas en el presente atlas, permiten considerar al municipio de Tuxtla Gutiérrez con un nivel de peligro medio para fallas y alto para zona de fracturas.

La variación de niveles de peligro se debe principalmente a la génesis de los mismos, los fenómenos que pueden generar (sismos, procesos de remoción de masa y colapso de infraestructuras) y a los fenómenos desencadenadores (sismos regionales, lluvias, entre otros).

Con relación al riesgo, se considera elevado en márgenes inferiores a 100 m para fallas generadoras de procesos de remoción de masas y medio alto para zonas de fracturas cercanas al Sabinal y sus afluentes.

## 6.1.2 Sismos

### 6.1.2.1. Antecedentes

El estado de Chiapas es uno de los tres estados de la República Mexicana con mayor actividad sísmica. Esta actividad se genera por la interacción de tres placas tectónicas, la Placa de Cocos subduciéndose bajo la Placa Norteamericana y el fallamiento lateral izquierdo de la Placa Norteamericana respecto a la Placa del Caribe (Figura 43). El desplazamiento de subducción entre la Placa de Cocos y la Placa Norteamericana es la causante de la mayoría de los sismos del estado de Chiapas.

Los sismos que han afectado al estado de Chiapas han tenido cinco fuentes sismogénicas. La primera y más importante, es la resultante del proceso de subducción de la Placa de Cocos bajo la Norteamericana, misma que da origen a los sismos de gran magnitud ( $M > 7.0$ ) (Suárez y Singh, 1986; Pardo y Suárez, 1995). Los sismos producidos por esta fuente han alcanzado magnitudes de 7.7 e intensidades hasta de X, como el sismo del 23 de septiembre de 1902 (Figueroa, 1973) y más recientemente el sismo del 21 de enero de 2002, con magnitud de 6.7 e intensidad de VI.

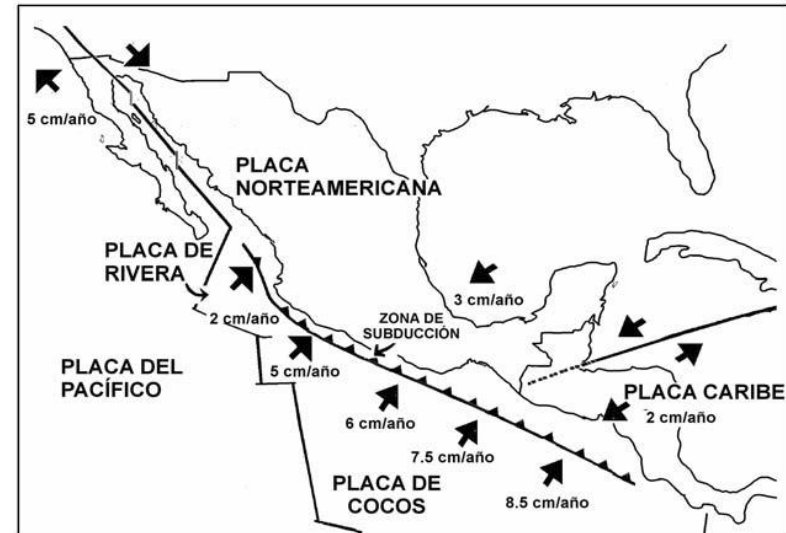


Figura 43. Placas tectónicas y sus correspondientes desplazamientos y velocidades relativas (Cenapred, 2006).

La segunda fuente sismogénica está constituida por la deformación interna de la placa subducida, lo cual produce sismos profundos o de mediana profundidad (desde 80 hasta 300 km), como el sismo de Villaflores del 21 de octubre de 1995, con magnitud de 7.2, una profundidad focal de 165 km y un área de ruptura de 30x10 km (Rebollar et al., 1999). La profundidad de subducción de la Placa de Cocos es mayor en el estado de Chiapas, por lo que los sismos en las costas de Oaxaca, Guerrero y Michoacán no rebasan una profundidad de 80 km, mientras que en esta zona los sismos profundos en Chiapas alcanzan valores cercanos a los 200 km como se observa en la figura 44 (Ponce et al., 1992; Barrier et al., 1998).



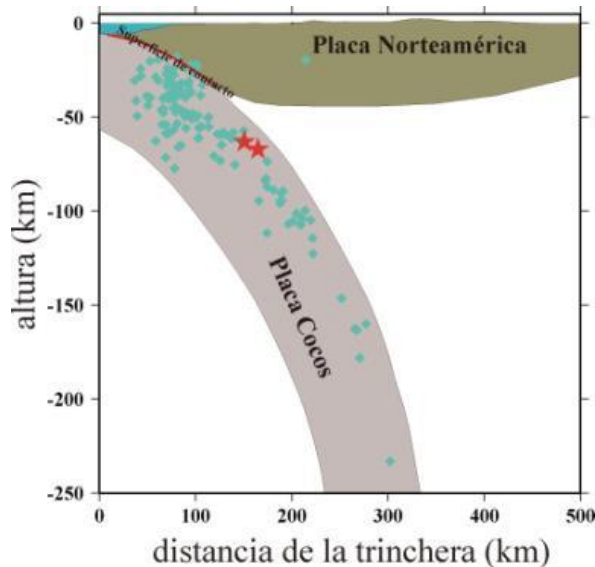


Figura 44. Profundidad y distancia donde se presentan los sismos profundos de subducción en la costa de Chiapas (Barrier et al. 1998).

Una tercera fuente corresponde a la deformación cortical debida a los sistemas de fallas superficiales que originan temblores de pequeña profundidad (menores a 40 km) presentes en el estado, como lo reporta Figueroa (1973), quien enuncia al menos 15 fallas importantes (ver la sección de fallas y fracturas, Figura 40).

Esta fuente origina sismos de magnitud moderada que producen daños locales; ejemplo de esta fuente son los enjambres de sismos originados en Chiapa de Corzo entre julio y octubre de 1975 (Figueroa et al., 1975). No obstante lo anterior, un grupo importante de la sismicidad cortical de la región ha sido atribuido a la construcción de las presas a

finales de los años setenta y al llenado de las cortinas por presión de poro (Rodríguez et al., 1985).

Una cuarta fuente sismogénica está constituida por la presencia de los volcanes activos en el estado de Chiapas, el Tacaná y el Chichón o Chichón (ver más información en la sección de peligro volcánico).

La última fuente sísmica se debe a la falla lateral izquierda desarrollada entre la Placa Norteamericana y la Placa del Caribe, que ha producido sismos muy importantes como el sismo del 18 de abril de 1902 que destruyó gran parte de los monumentos históricos de la ciudad de Antigua Guatemala y que alcanzó intensidades de VIII en la zona del Soconusco en Chiapas (Belén et al. 2001).

Las diversas fuentes sismogénicas han generado sismos muy importantes históricamente en la República Mexicana. El estado de Chiapas ha sido sufrido la presencia de por lo menos diez sismos con magnitud mayor a 7 durante el siglo pasado, un promedio de uno cada diez años (Cenapred, 2006), (ver figura 45 y el cuadro 10).

Debemos considerar que la instrumentación sísmica del estado de Chiapas es muy reciente, CFE la desarrolla a partir de la operación de las presas, el Servicio Sismológico Nacional (SSN) a partir de 1974, el Grupo Interuniversitario de Ingeniería Sísmica (GIIS) a partir de 1994. Debido a lo anterior podría haber mayor cantidad de sismos de esta magnitud, o incluso estos sismos podrían ser de menor magnitud a la señalada.

Otro aspecto a considerar es el tipo de magnitud expresada por las distintas fuentes, ya que esta puede ser diferente

dependiendo de la metodología usada para calcularla. El mismo SSN ha empleado al menos dos tipos de magnitudes diferentes en su historia de 100 años. En el cuadro 9 se presenta una magnitud Ms (magnitud de ondas superficiales) y se coloca el valor mayor de la magnitud reportada. Actualmente se emplea la Mw (magnitud de momento).

daños o repercusiones) elaborados para los sismos más importantes ocurridos entre el 7 de abril de 1845 y el 19 de septiembre de 1985.

Cuadro 10. Temblores magnitud superior a 7.0 en Chiapas en el siglo XX. Adaptado de Cenapred, 2006.

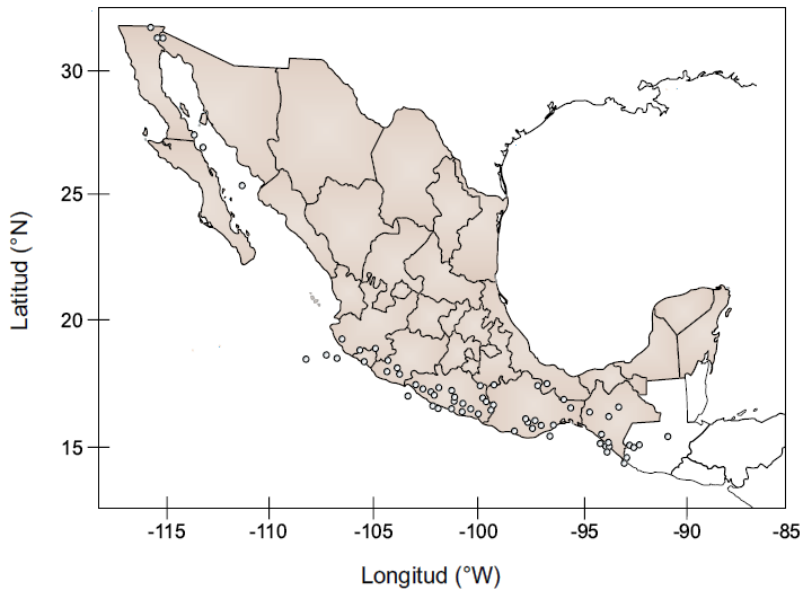


Figura 45. Sismos con magnitud mayor a 7 ocurridos en el siglo XX en la República Mexicana y su frontera con Guatemala (Cenapred, 2006).

Fecha	Lat°N	Long° W	Prof (km)	M (máx.)	Ms	Región
1902 Sep 23	16.500	92.50	25	7.7	7.7	Chiapas
1903 Ene 14	15.000	93.00	S	7.6	7.6	Costa de Chiapas
1912 Dic 09	15.500	93.00	S	7.0	7.0	Costa de Chiapas
1914 Mar 30	17.00	92.00	150	7.2	-	Chiapas
1925 Dic 10	15.50	92.50	S	7.0	7.0	Chiapas
1935 Dic 14	14.75	92.50	S	7.3	7.2	Costa de Chiapas
1944 Jun 28	15.00	92.50	S	7.1	7.1	Chiapas
1970 Abr 29	14.463	92.683	44	7.3	7.1	Costa de Chiapas
1993 Sep 10	14.800	92.687	34	7.2	7.2	Costa de Chiapas
1995 Oct 21	16.811	93.474	160	7.1	6.5	Chiapas

Un elemento clave a considerar para entender el peligro sísmico de una región, son los daños históricos que los sismos han generado en ella, los cuales se pueden representarse con un mapa de intensidades sísmicas, como el desarrollado por Figueroa, (1986) utilizando 49 mapas de isosistas (líneas que separan áreas de igual intensidad de

En la figura 46, se observa que considerando los daños reportados en el rango de tiempo del estudio de Figueroa (1986), la ciudad de Tuxtla Gutiérrez es la única del estado de Chiapas que ha alcanzado a registrar intensidades sísmicas de hasta X, mientras que la ciudad de Tapachula presenta intensidades de IX, el resto del estado muestran intensidades entre VI y VII. Las intensidades sísmicas al estar relacionadas con los daños observados, son un buen indicador del peligro sísmico, lo cual permite considerar que Tuxtla Gutiérrez presenta un peligro sísmico muy importante.

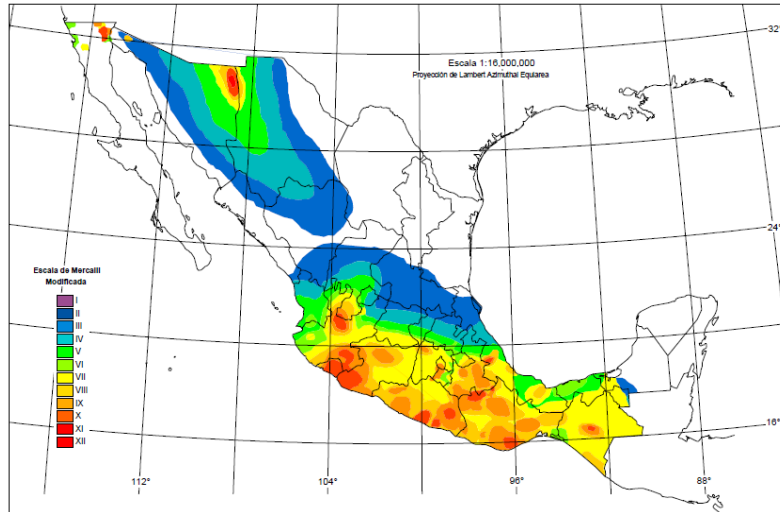


Figura 46. Mapa de intensidades sísmicas (Figuroa, 1986).

### Daños históricos por sismo en Tuxtla Gutiérrez

De acuerdo con el trabajo de Castro (2001), la investigación de García y Suárez (1996), y trabajos recientes de González et al. 2010, González et al. 2011a y González et al. 2011b, se han presentado varios sismos que generaron afectaciones en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, los cuales han provocado pánico en la población y en algunos casos daños importantes. Para el presente documento se consideran tres casos particulares que fueron seleccionados por la cantidad de daños y la localización de los mismos:

- El 23 de septiembre de 1902 se presentó un sismo subductivo con magnitud de 7.7 e intensidades de X en la ciudad capital, alcanzando daños muy

importantes y generalizados (Figuroa, 1973; García y Suárez, 1996).



Foto 29. Daños debidos al sismo de Villaflores de 1995 en edificios públicos de Tuxtla Gutiérrez (González et al., 2011a).

Fotos 29a y 29b. Edificio del centro de la ciudad. Foto 29c. Daño en la rectoría de la UNACH. Foto 29d. Daño en la catedral de San Marcos. Fotos 29e, 29f y 29g. Daños en viviendas de adobe ubicadas en el centro de la ciudad (cortesía de Ing. Marco Antonio Penagos).

- El 20 de octubre de 1995, un fuerte terremoto de magnitud 7.2 e intensidad de VII en Tuxtla Gutiérrez, ocasionó cuarteaduras de edificios y viviendas, la caída de bardas y pánico en la población (González et al, 2011a), ver Fotos 29.
- El tercer evento se desarrolló el 7 de abril de 2011, donde un sismo de magnitud 6.7 e intensidad de VI, se presentó en las cercanías de Las Choapas y generó en Tuxtla Gutiérrez un conjunto de daños significativos para la distancia de la fuente, la profundidad y la magnitud del evento (González et al, 2011b), ver Fotos 30.

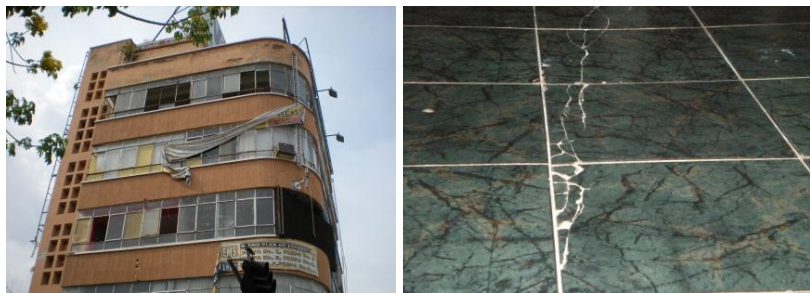


Foto 30. Daños debidos al sismo de las Choapas 7 de abril de 2011 en edificios públicos de Tuxtla Gutiérrez (González et al., 2011b). Foto 30a. Daños en el edificio Corzo. Foto 30b. Hundimiento en rectoría de la Unicach. Foto 30c. Daño en instalaciones de COCYTECH. Foto 30d y 30e. Daño en Hospital de especialidades “*vida mejor*”. Foto 30f. Daño en vivienda de en el centro de la ciudad.

Con la información de los daños en estos tres sismos señalados se construyó la figura 47, el polígono verde representa la mancha urbana de la ciudad en 1892, donde se concentraron los daños del sismo de 1902 (el sismo más importante en daños en la historia sísmica de Tuxtla Gutiérrez); los puntos naranja presentan los daños del sismo del 20 de octubre de 1995 y los puntos morados representan los daños del sismo del 7 de abril de 2011.

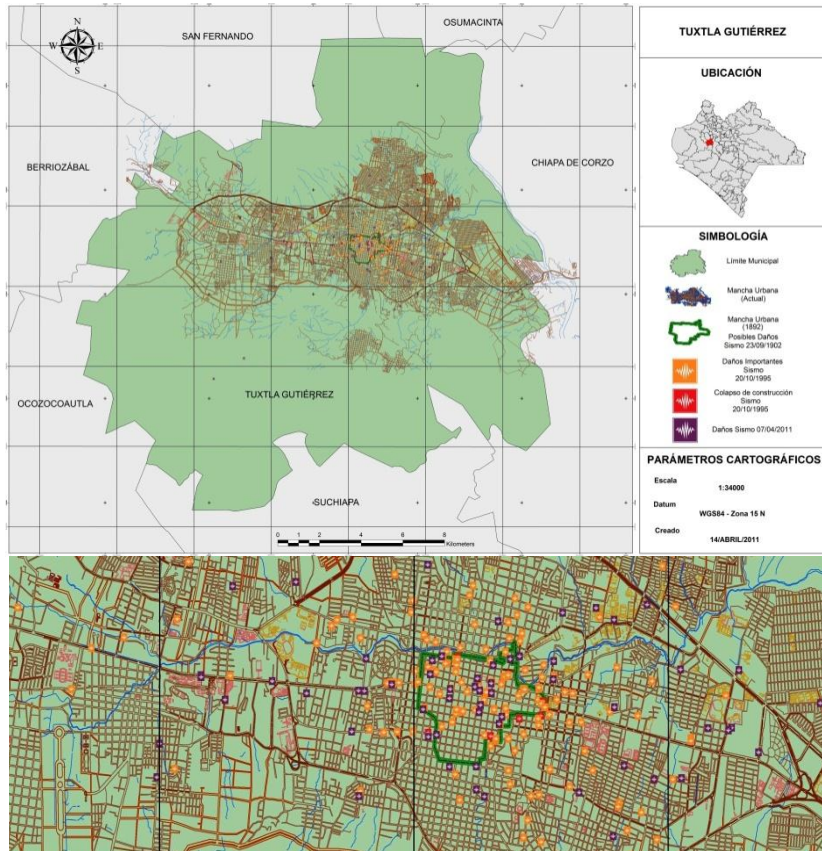


Figura 47. Daños históricos por sismos en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (González et al., 2011b).

En la figura 47, se presenta un mapa que relaciona los daños ocasionados por el sismo del 23 de septiembre de 1902, el del 20 de octubre de 1995 y el del 7 de abril de 2011. Se observa cómo los daños se han concentrado en la zona de suelos blandos de la ciudad (arcillas lutitas expansivas), que representa el primer cuadro de la ciudad y zonas aledañas.

Para observar más información de los daños ocasionados por el sismo de Villaflores del 20 de octubre de 1995, se pueden consultar las referencias González et al (2011) y Juárez et al (2000).

La concentración de daños también se relaciona con la presencia de los embovedados de algunos de los afluentes que irrigaban el río Sabinal en el primer cuadro de la ciudad, los cuales aumentan el riesgo de las construcciones que están cimentados sobre estos (estas construcciones abarcan principalmente viviendas, sin embargo hay edificios públicos).

Los embovedados presentan deterioro en su estructura debido a falta de mantenimiento, fatiga y años de vida, un importante número de descargas domiciliarias y la acidez de las aguas negras, así como la presencia de objetos y residuos sólidos arrastrados por el drenaje pluvial superficial, ver la figura 48 (plano de ubicación de los embovedados que se representan con líneas de color verde, abarcando zonas como los barrios de San Marcos, El Calvario, San Pascualito, Los Milagros, Barrio Guadalupe, fraccionamiento San Roque, colonia Moctezuma y colonia Las Palmas) y las Fotos 31 (estado actual de tres de los principales embovedados), las fotografías corresponden al recorrido realizado por Protección Civil Estatal, Protección Civil Municipal y otras dependencias municipales durante el mes de marzo de 2008.

Actualmente el deterioro en los embovedados sigue incrementándose, lo que puede resultar en colapsos parciales de los mismos, incluso sin la presencia de sismos. Sin embargo, las deformaciones que se observan en algunos de sus tramos debilitan la estructura de las construcciones

vecinas y las que sustentan, a través de la aparición de fisuras generadas por los asentamientos diferenciales.

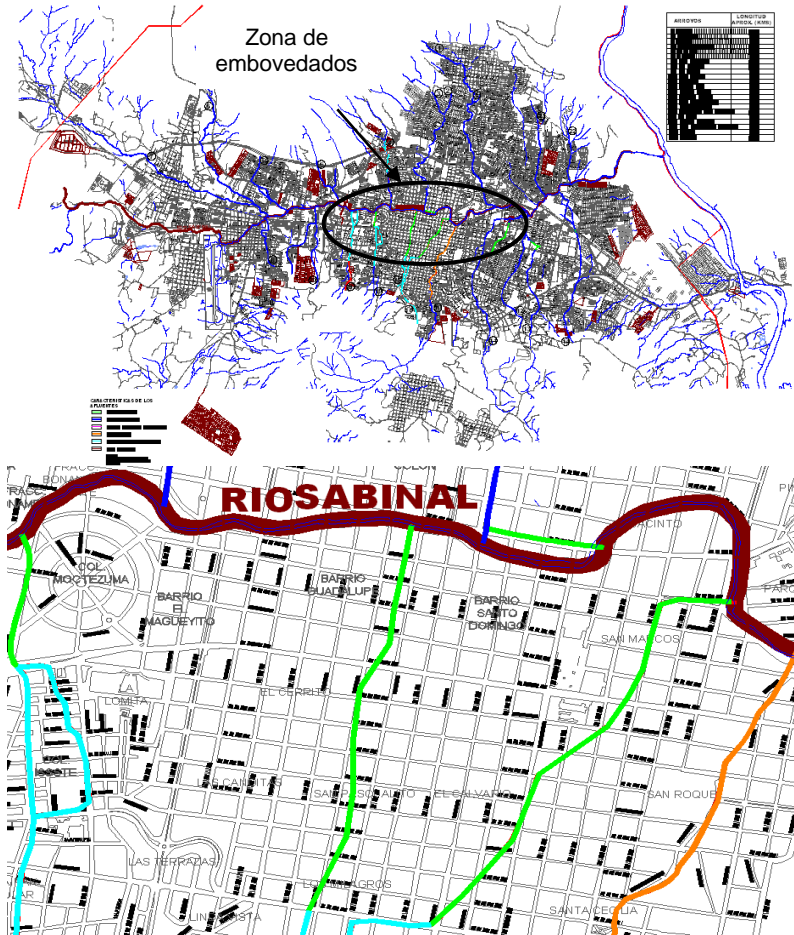


Figura 48. Ubicación de los embovedados siguiendo la trayectoria de las líneas verdes.



Foto 31. En la Foto 31a. Deterioro en estructura del embovedado de la 4ª Norte y 4ª Oriente. Foto 31b. Corrosión en estructura embovedado de barrio San Roque. Fotos 31c. y 31d. Deterioro y corrosión de estructura del embovedado de la 5ª Poniente a la altura de barrio Guadalupe.

### 6.1.2.2. Peligro Sísmico de Tuxtla Gutiérrez

#### Análisis estadístico de la sismicidad en Tuxtla Gutiérrez

La información reportada por el SSN es muy reciente desde el punto sismológico (37 años); adicionalmente la robustez y densidad de la red del SSN (número, ubicación y precisión de los equipos) es óptima a partir de los últimos cinco años, por lo cual los datos manifestados deben tomarse como un

proceso estadístico meramente y con alta incertidumbre, sin embargo, permiten conocer una tendencia general.

Mediante la información del SSN se ubicaron 4,943 eventos sísmicos registrados en el periodo de enero de 1974 a septiembre del 2010 en el área comprendida entre los 90° 30' a 94° 00' Longitud Oeste y los 14° 00' a 18° 00' Latitud Norte, los cuales se procesaron considerando agrupaciones cercanas con magnitudes y profundidades similares, considerando la metodología expresada en González, et al. (2011c), ver figura 49.

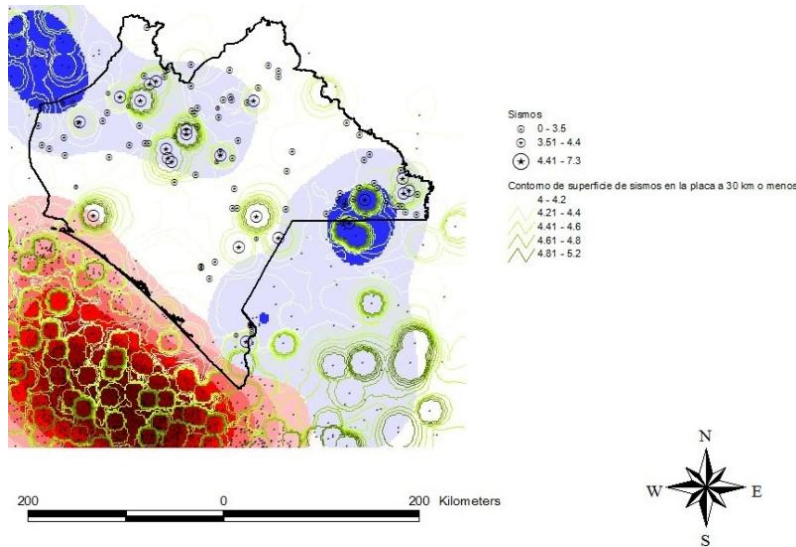


Figura 49. Agrupaciones sísmicas en Chiapas considerando datos del SSN (González et al., 2011c).

En la figura 50 se hace un acercamiento del mapa de conglomerados de sismos superficiales (menores a 30 km de profundidad) y se observa que en Tuxtla Gutiérrez se han

presentado sismos de magnitud entre 4.5 y 5.5 ubicados dentro de la mancha urbana, los cuales, no obstante de que su magnitud es moderada, por su poca profundidad (actividad cortical por fallas superficiales) pueden generar daños importantes.

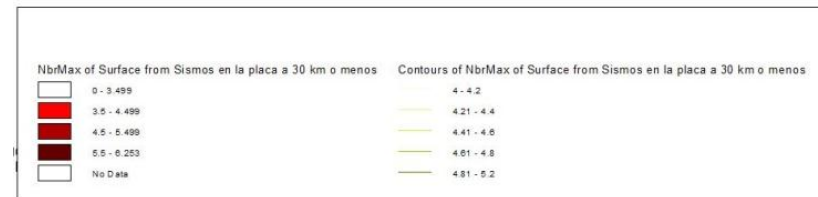


Figura 50. Agrupaciones sísmicas en Tuxtla Gutiérrez, con datos del SSN (González et al., 2011b).

González, A., (2010) desarrolló un análisis estadístico probabilístico de los sismos en la región, empleando los datos del SSN de los años 1974 a 2009, con lo que elaboró mapas de frecuencia de sismos, energía liberada y profundidad media, respectivamente (ver las Figuras 51, 52 y 53).

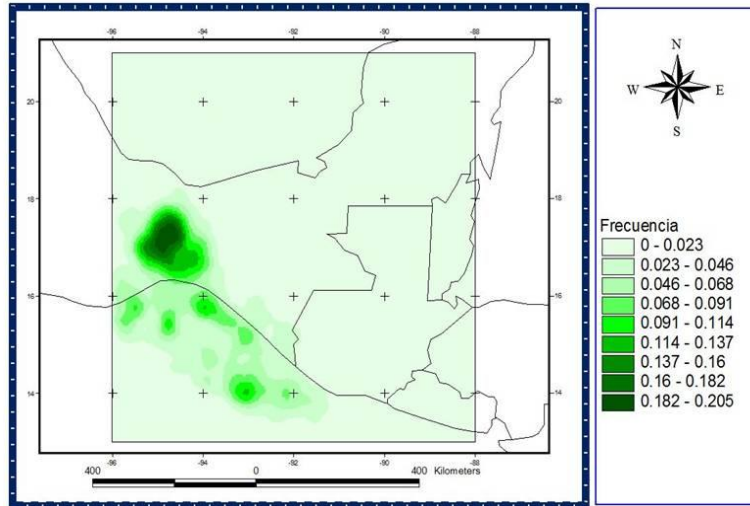


Figura 51. Frecuencia de los sismos en la región considerando datos del SSN (González, 2010).

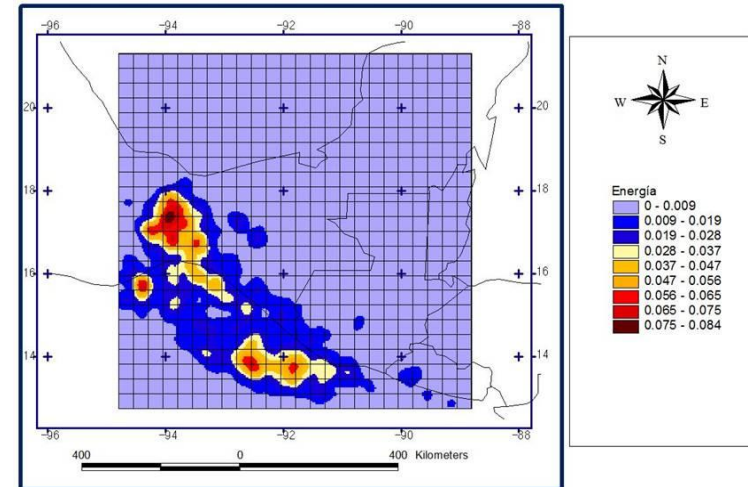


Figura 52. Energía liberada de los sismos en la región considerando datos del SSN (González, 2010).

Considerando la frecuencia de los sismos, la región del Istmo de Tehuantepec y el Soconusco, presentan una actividad muy importante. Respecto a los niveles de energía liberada (figura 52), las zonas más críticas se encuentran en el Istmo y en la frontera del Soconusco con Guatemala. La profundidad de los sismos que se exhibe en la figura 53 se pueden identificar algunos de los mecanismos que caracterizan a la generación de los sismos en el estado, observándose la zona de subducción y la zona cortical a la que corresponde la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

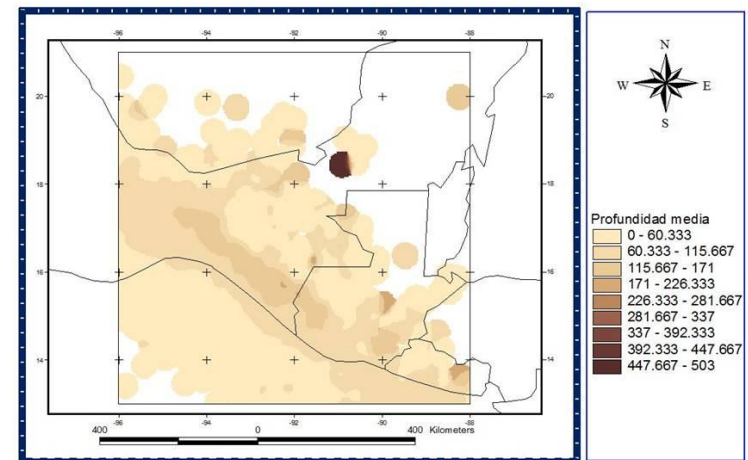


Figura 53. Profundidad media de los sismos en la región considerando datos del SSN (González, 2010).



### Análisis del peligro sísmico considerando la metodología del MOC-CFE, versiones 1993 y 2008

Según la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en su Manual de Diseño de Obras Civiles, capítulo Diseño por Sismo de 1993, la República Mexicana se encuentra dividida en cuatro zonas sísmicas (Figura 54). Para esta macrozonificación sísmica se utilizaron catálogos de sismos de la República Mexicana desde inicios del siglo pasado, considerando los registros históricos de daños y la aceleración probable del suelo de algunos de los grandes temblores ocurridos en nuestro país.

El municipio de Tuxtla Gutiérrez se encuentra localizado en la zona C de peligro intermedio alto, con aceleraciones de alrededor del 36% de la gravedad. Las distintas zonas son un reflejo de la frecuencia de los sismos en las diversas regiones y la máxima aceleración del suelo esperada durante un siglo (periodo de retorno del sismo máximo probable).

La zona A es una zona donde no se tienen registros ni reportes históricos de sismos en los últimos 80 años, y no se espera que las aceleraciones del suelo sean mayores a 10% de la aceleración de la gravedad. En la zona D se han reportado grandes sismos históricos con bastante frecuencia y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad. Las otras dos zonas (B y C) son zonas intermedias baja y alta, donde se registran sismos no tan frecuentemente como la zona D, o son afectadas por aceleraciones que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo (Cenapred, 2006).

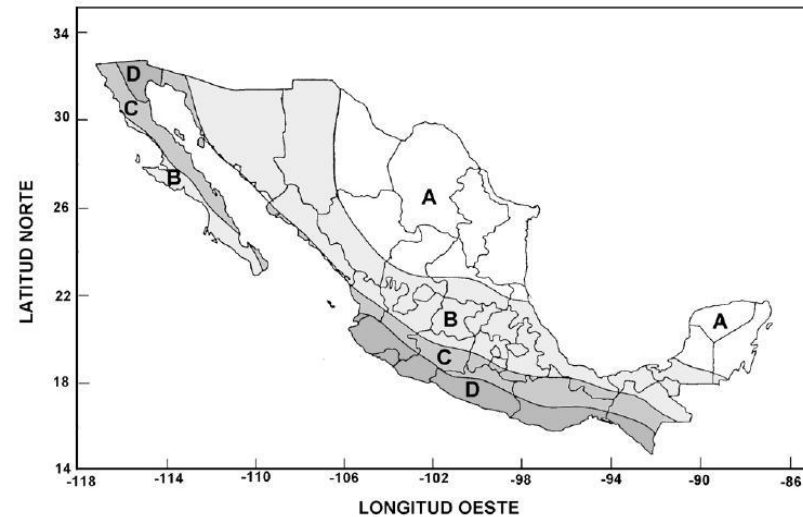


Figura 54. Regionalización sísmica de México del MOC-CFE-1993 (Cenapred, 2006).

En la Figura 55, el municipio de Tuxtla Gutiérrez se ubica en el mapa de regionalización sísmica del MOC-CFE-1993; encontrándose que todo el municipio es altamente afectado por sismos cuyas intensidades pueden llegar a valores del 36% de aceleración para un periodo de retorno de 100 años. Sin embargo, la localización en el mapa de regionalización sísmica no es suficiente para conocer el peligro local, ya que todo el municipio no está expuesto al mismo peligro, sin embargo nos da una idea clara de la frecuencia y magnitud de los sismos esperados en la ciudad.

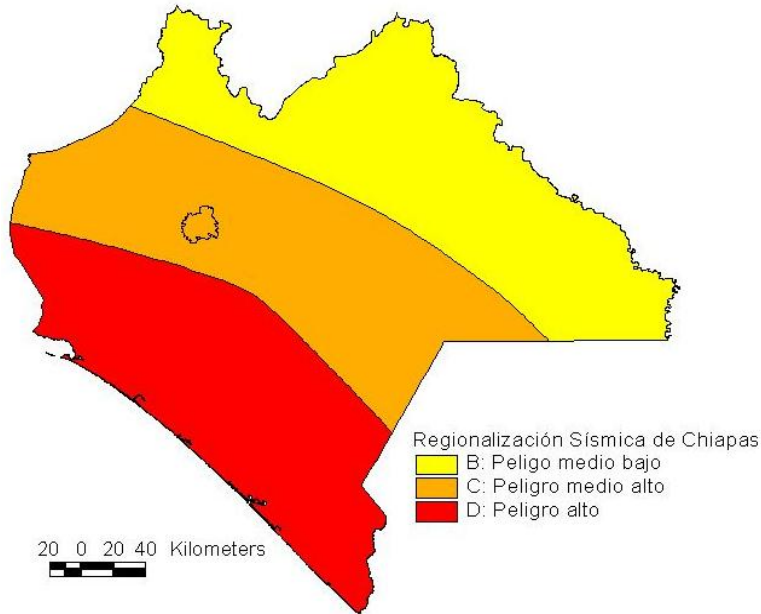


Figura 55. Regionalización sísmica de Chiapas y del municipio de Tuxtla Gutiérrez considerando el MOC-CFE-1993.

Los mapas de peligro sísmico en términos de intensidades de aceleración de terreno asociados a periodos de retorno de vida útil de edificaciones son necesarios para que los especialistas en el diseño estructural en zonas sísmicas realicen nuevas construcciones más seguras, así como aportar espectros de diseño sísmico que permitan la modificación o refuerzo de las construcciones e infraestructura existente. Estos mapas son por lo tanto, instrumentos claves en la reducción de la vulnerabilidad y por consiguiente del riesgo sísmico, ya que permiten diseñar las estructuras con demandas más realistas durante su periodo de vida útil.

En su más reciente versión del año 2008, el MOC-CFE modificó la metodología para evaluar el peligro sísmico eliminando la macrozonificación sísmica y sustituyéndola por mapas de aceleraciones esperadas considerando la zona geográfica y la importancia del sistema constructivo, así como la posibilidad de introducir el perfil de velocidades (para considerar el efecto de sitio), aportando espectros de peligro uniforme (espectros que son más realistas ya que las aceleraciones llegan a la aceleración del terreno natural) y aceleraciones esperadas para un periodo de retorno, en el cuadro 11 se ubican las aceleraciones esperadas por tipos de estructura para periodos de retorno mayores a 500 años.

Cuadro 11. Aceleraciones esperadas en Tuxtla Gutiérrez con el software PRODISIS ver 2.0 del MOC-CFE-2008.

Tipo de estructura	Aceleración esperada (gals)	Periodo de retorno (años)
B	168	>500
A	252	>500
A+	258	>500

El MOC-CFE-2008 incluye un software llamado PRODISIS versión 2.0, del cual se desprende la imagen de la Figura 56, donde se observa el espectro de peligro uniforme en roca, el cual se refiere a aceleraciones que no incluyen el efecto de sitio o amplificación de los sedimentos del valle en las partes bajas de una cuenca o donde se manifiesten mayores espesores de suelo blando.

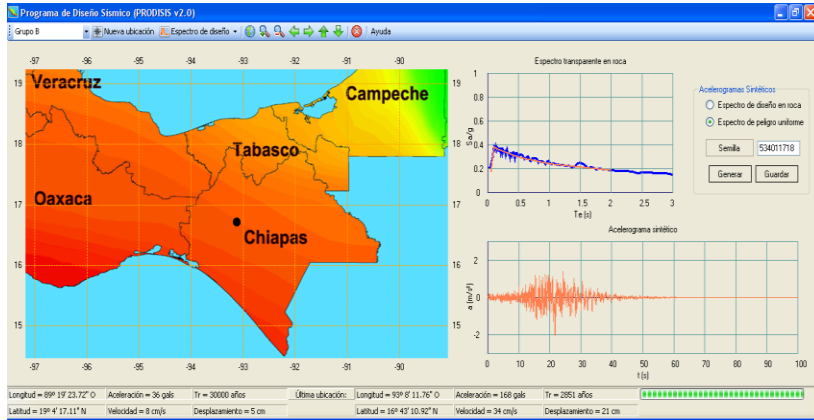


Figura 56. Análisis del peligro sísmico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, empleando el software PRODISIS ver 2.0 del MOC-CFE-2008.

### Análisis del peligro sísmico considerando la metodología PSM (2004) y Crisis (2007)

La definición de niveles de peligro en términos de periodo de retorno de aceleraciones (tiempo medio, medido en años, que tarda en repetirse un sismo con el que se exceda una aceleración dada) para el municipio de Tuxtla Gutiérrez son obtenidos a partir de los mapas de valores de intensidad sísmica asociados a un periodo de retorno dado (10, 100 y 500 años), ver Figuras 57, 58 y 59 generadas con el programa PSM 2004 (Peligro Sísmico en México del Instituto de Ingeniería de la UNAM).



Figura 57. Mapa de valores de aceleración máxima asociados a un periodo de retorno de 10 años (34 gals), PSM, 2004.

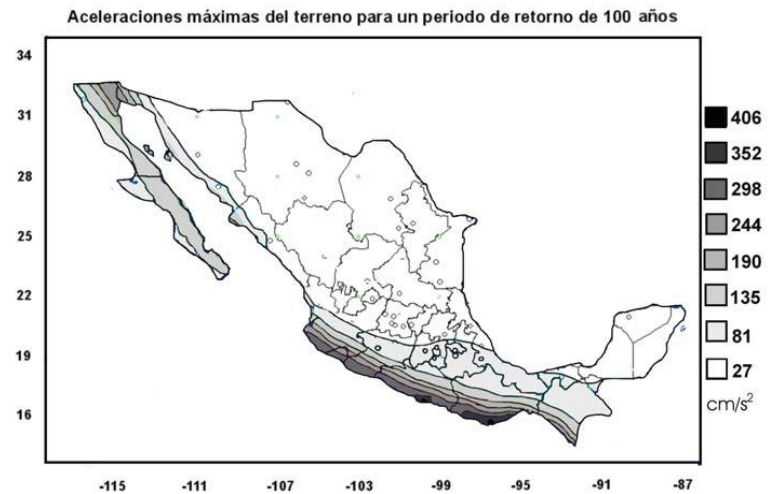


Figura 58. Mapa de valores de aceleración máxima asociados a un periodo de retorno de 100 años (81 gals), PSM, 2004.

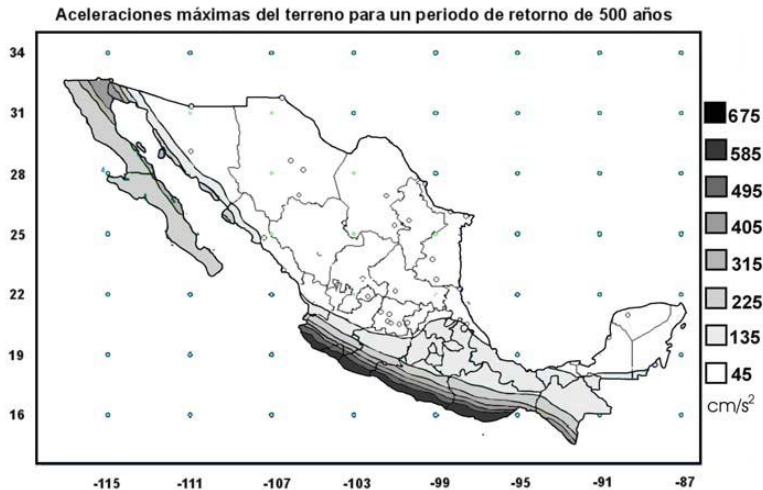


Figura 59. Mapa de valores de aceleración máxima asociados a un periodo de retorno de 500 años (135 gals), PSM, 2004.

Para el municipio de Tuxtla Gutiérrez se procedió a la digitalización de los diferentes mapas de valores de aceleraciones sísmicas esperadas para los distintos periodos de retorno obtenidos mediante los programas PSM 2004 y CRISIS 2007 y se representó el municipio siempre considerando que los mapas elaborados por medio de estos programas están definidos para un suelo rocoso con impedancia acústica (sísmica) favorable, es decir, sin amplificación de efecto de sitio. Los mapas obtenidos se presentan mediante las figuras 60, 61 y 62.

Estos mapas son esenciales para la comprensión de las aceleraciones máximas esperadas en un período de retorno dado, el cual se asocia a la probabilidad de falla en el periodo de la vida útil de la construcción: 10 años corresponden a

construcciones eventuales; 50 años son para viviendas; 100 años para estructuras importantes (hospitales, escuelas, bomberos) y 500 años para estructuras muy importantes (puentes, museos, entre otras).

La importancia de una edificación está definida por la necesidad de que esa edificación siga operando de manera óptima después un siniestro, o el daño secundario que causaría a la ciudad o a otras construcciones el que la edificación desapareciera después del sismo por cuestiones de comercio, turismo o históricas por ejemplo.

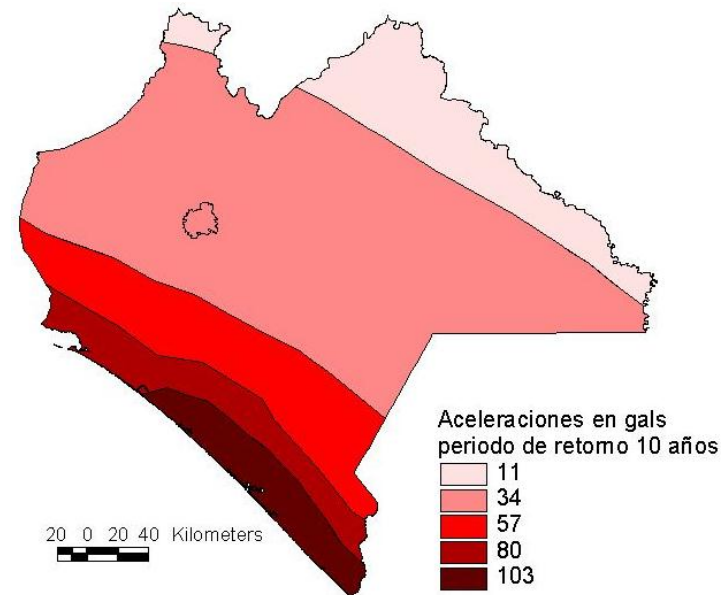


Figura 60. Mapa de aceleración sísmica asociados a un periodo de retorno de 10 años para Tuxtla Gutiérrez, PSM, 2004 y CRISIS, 2007.

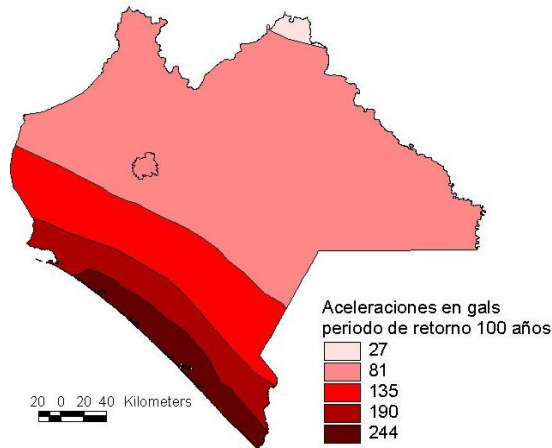


Figura 61. Mapa de aceleración sísmica asociados a un periodo de retorno de 100 años para Tuxtla Gutiérrez, PSM, 2004 y CRISIS, 2007.

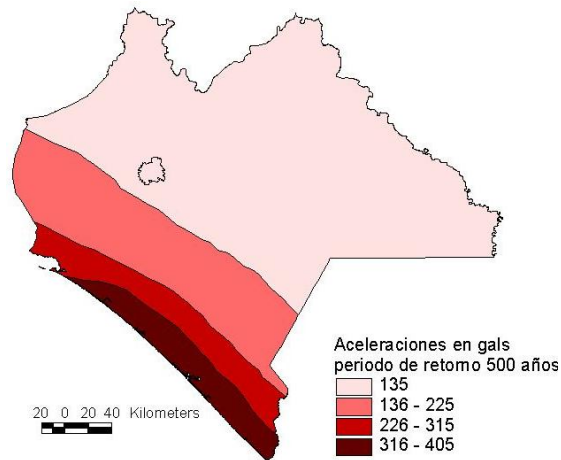


Figura 62. Mapa de aceleración sísmica asociados a un periodo de retorno de 500 años para Tuxtla Gutiérrez, PSM, 2004 y CRISIS, 2007.

El cálculo de la aceleración espectral elástica, definido como la aceleración máxima que sufriría un sistema de un grado de libertad, dado su periodo natural de vibrar, al ser sometido a un movimiento sísmico, es una herramienta útil para evaluar el efecto sísmico sobre las estructuras. Con él se pueden obtener los espectros de respuesta, que representan el conjunto de valores máximos de aceleración para un conjunto de sistemas de un grado de libertad de distintos periodos de vibración y obtenidos para un registro sísmico dado (Cenapred, 1996).

Es de vital importancia conocer los periodos de retorno para eventos sísmicos con valores de aceleración de 15% de la gravedad o superior ( $1g=980 \text{ gals}$ ,  $\text{gal}=\text{cm}/\text{s}^2$ ); es este valor límite inferior de aceleración que provoca afectaciones a los sistemas constructivos que predominan en el país y en la ciudad, estructuras de mampostería.

En el caso del municipio en estudio, las aceleraciones esperadas calculadas con el software PSM (2004) y CRISIS (2007), parecieran no exceder el umbral del 15% de  $g$ , ya que se registran solamente 135 gales para un periodo de retorno de 500 años, lo cual no es consistente con los daños históricos, no obstante la metodología de los programas estudiados es adecuada, pero los resultados reflejan la necesidad de estudios locales para ampliar las bases de datos que se emplean en el análisis, sobre todo en la parte de la determinación del efecto de sitio.

Por tal motivo se revisó también lo propuesto por la Comisión Federal de Electricidad, la cual generó un mapa actualizado de Periodos de Retorno para aceleraciones de 0.15 ó más de

la gravedad utilizando información de la actualización del MOC-CFE-2008, ver Figura 63.

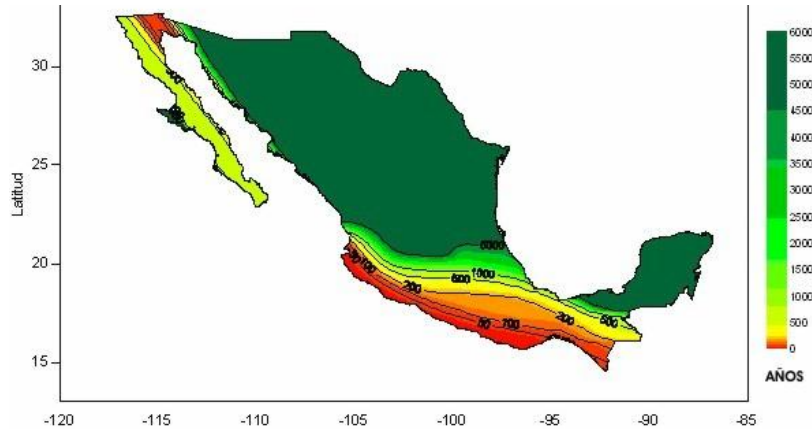


Figura 63. Mapa de periodos de retorno para aceleraciones de 0.15% de gravedad o mayores (MOC-CFE-2008).

Con base en este mapa, a cada estado se le han asignado las prioridades para la evaluación de la seguridad de las construcciones ante sismo, adicionalmente de contar con parámetros ingenieriles básicos para el diseño (espectros de diseño). Se han catalogado, mediante un algoritmo de interpolación, las 752 poblaciones con más de 10,000 habitantes de acuerdo a las cifras oficiales proporcionadas por el INEGI (Cenapred, 2006).

La ciudad de Tuxtla Gutiérrez, según el mapa digitalizado de aceleraciones (Figura 64), se localiza en la región frontera con periodos de repetición entre 200 y 500 años para un evento sísmico que produzca aceleraciones del orden de 15% ó mayores de la gravedad; lo anterior es para fuentes de

subducción y considerando aceleraciones en roca sin efecto de sitio.

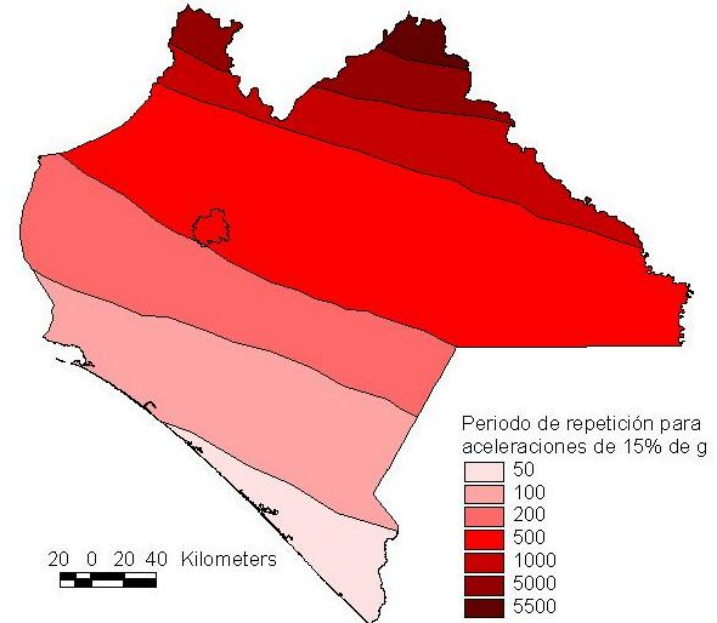


Figura 64. Mapa de periodos de repetición para aceleraciones de 0.15% de gravedad o mayores en Chiapas.

En el Cuadro 12 puede consultarse el periodo promedio de repetición de una aceleración mínima que puede ocasionar daños a construcciones y cuyo periodo de retorno es de 0.42 eventos por siglo, una cifra engañadora si pensamos en los daños históricos reportados, lo cual se debe a que este estudio no considera las amplificaciones locales debidos a los suelos, pendientes y topografía, así como otras fuentes sismogenéticas como el fallamiento lateral izquierdo y la deformación cortical.

Cuadro 12. Periodos de retorno (TR) para aceleraciones de 0.15 g o mayores, modificado de Cenapred, 2006.

Municipio	Long °N	Lat °W	Alt (m)	Población	TR (años)
Tuxtla Gutiérrez	-93.1167	16.7528	600	424,579	235

### Espectros de respuesta para Tuxtla Gutiérrez

Los espectros de diseño se pueden obtener a partir de manuales, normas técnicas o reglamentos de construcción, leyes de atenuación espectral o espectros de sitio; y se representan graficando los periodos de vibrar de las construcciones en las abscisas en segundos y las aceleraciones en las ordenadas.

En Tuxtla Gutiérrez, tradicionalmente los espectros de diseño se han tomado del reglamento de construcción del municipio, cuya última actualización es del año 2005, donde en los artículos 395 al 398 presentan los elementos para considerar los valores del coeficiente sísmico para estructuras del grupo B (aquellas de uso estándar que se diseñan para un periodo de retorno de 50 años) que van desde 0.12, 0.24 y hasta 0.32, considerando el tipo de suelo (I, II o III, respectivamente). Sin embargo, las recomendaciones del MOC-CFE-1993 han sido más empleadas por los diseñadores y corresponden a la información mostrada en la Figura 65, lo anterior debido a la falta de estudios que fortalezcan el reglamento local y por la sencillez de aplicación de la propuesta de CFE.

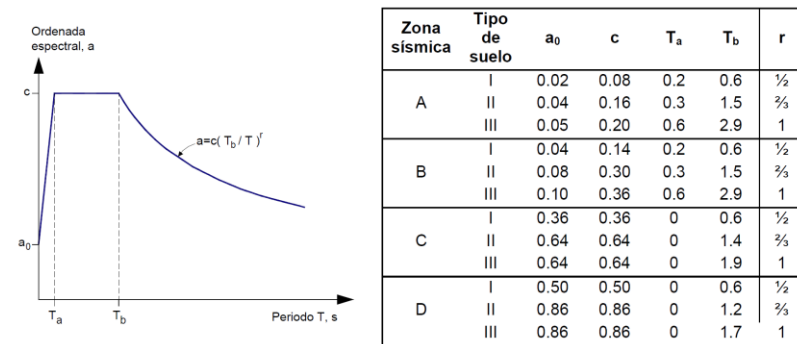
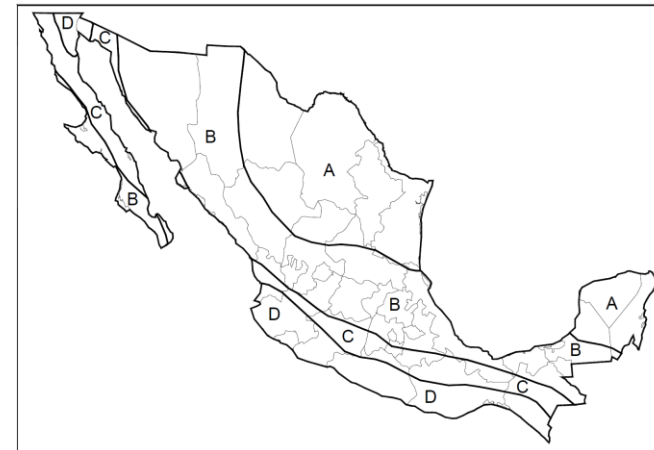


Figura 65. Regionalización sísmica de la República Mexicana y parámetros para el espectro de diseño de estructuras del grupo B, (MOC-CFE-1993).

Los tipos de suelo, identificados como I, II y III corresponden a terreno firme, de transición y blando, respectivamente, tal como se explica en la referencia citada, y que para el área en estudio corresponden a lo mostrado en la Figura 66:

- Zona I – Estrato firme compuesto por rocas calizas;

- Zona II – Depósitos de suelos constituidos por estratos de limos y arcillas de consistencia firme;
- Zona III – Depósitos de suelos arcillosos muy plásticos.

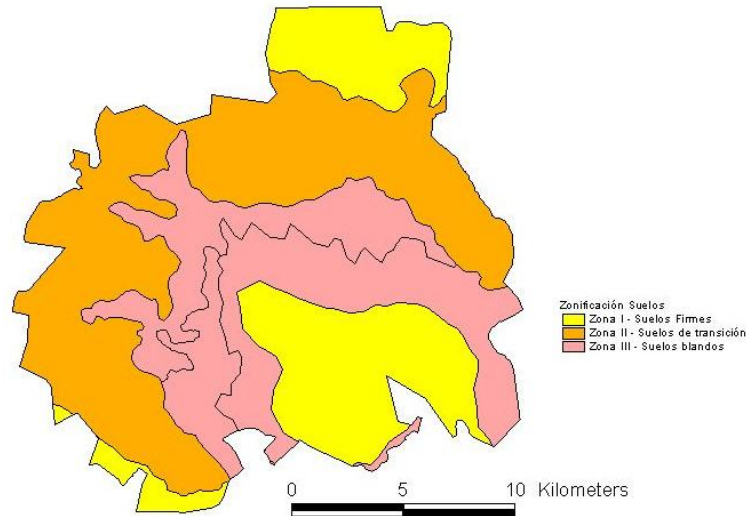


Figura 66. Zonificación de suelos propuesta para Tuxtla Gutiérrez.

En la ciudad de Tuxtla Gutiérrez se desarrollaron estudios geotécnicos a cargo del Instituto de Ingeniería de la UNAM Espinosa (1976) consideró que la ciudad tenía dos tipos de suelos (materiales limosos y arenas, de buena capacidad y otra de depósitos aluviales con problemas de expansividad).

Posteriormente Ordoñez (1994 y 2008) hace notar que existen estratos plásticos saturados de hasta 10 m de profundidad en la zona de la cuenca del río Sabinal, y divide a la ciudad en cuatro zonas, ver Figura 67.

- Zona A'. Primer cuadro de la ciudad, (limos y arcillas de color café claro, no expansivo), zona III MOC-CFE-1993.
- Zona A. Resto del valle, arcillas de color gris oscuro a café claro, suelos expansivos, zona III MOC-CFE-1993.
- Zona B. Ladera sur, lutitas, zona II MOC-CFE-1993.
- Zona C. Ladera norte, caliche y roca caliza, zona I, MOC-CFE-1993.

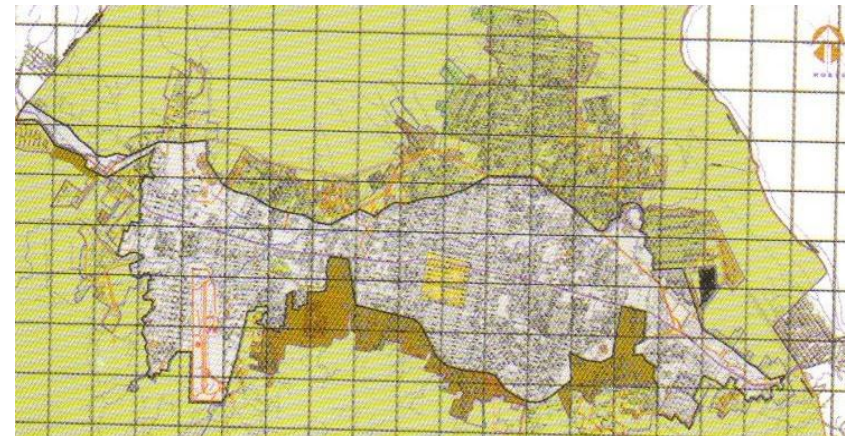


Figura 67. Zonificación geotécnica propuesta para Tuxtla Gutiérrez, (Ordoñez, 2008)

De acuerdo con los estudios de Ordoñez (2008), las arcillas expansivas cubren gran parte del área urbana de Tuxtla Gutiérrez con espesores de hasta 4.5 m de profundidad, y de acuerdo con la experiencia que se ha tenido con ellas en el mundo, producen daños severos en construcciones que esfuerzan al suelo con demandas menores de 5 ton/m<sup>2</sup>, es



decir: viviendas, escuelas, pavimentos, entre otras estructuras, las cuales corresponden a la mayoría del inventario constructivo presente en la ciudad. Las presiones de expansión generadas tienen un rango entre 1.0 a y 1.5 kg/cm<sup>2</sup> (100 a 150 KPa), estos daños se observan en diversas regiones de la ciudad, zona del estadio Víctor Manuel Reyna (Infonavit Grijalva), colonias Las Palmas, El Retiro, Los Laureles, la ladera sur oriente y poniente, entre otras.

Con base en esta información se obtienen los tres espectros de diseño para cada una de las zonas en las que se divide el municipio en estudio por el tipo de suelo (Figura 68).

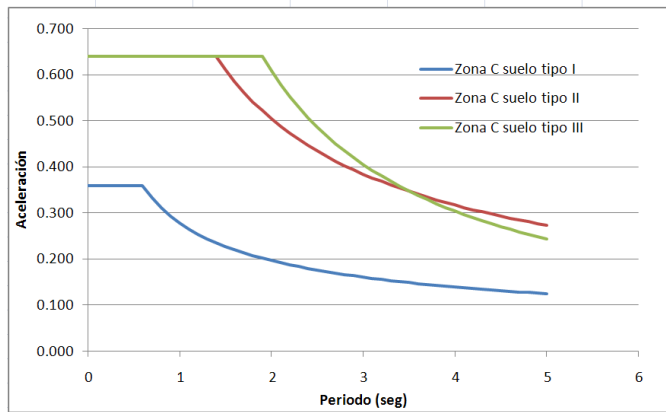


Figura 68. Espectros de diseño el rango del periodo de los sistemas constructivos locales para el municipio de Tuxtla Gutiérrez, MOC-CFE-1993.

El trabajo desarrollado para obtener la microzonación sísmica desarrollada en el año de 1995 por Alonso et al., (1996 y 1999), produjo una sola zona sísmica y conducentemente un solo espectro para suelo firme con amortiguamiento del 5.0% y con un coeficiente sísmico de 0.60, el cual difiere un poco de

las propuestas desarrolladas por Trigos (1988) de un coeficiente sísmico de 0.72; Esteva y Ordaz (1988) de un coeficiente sísmico de 0.44, CFE (1993) de un coeficiente sísmico de 0.36, del valor 0.42 en CFE (2008) y la del Reglamento de Construcciones de Tuxtla Gutiérrez (1995) de un coeficiente sísmico de 0.24. En la Figura 69 se presenta una comparación de los espectros obtenidos en cada uno de los estudios.

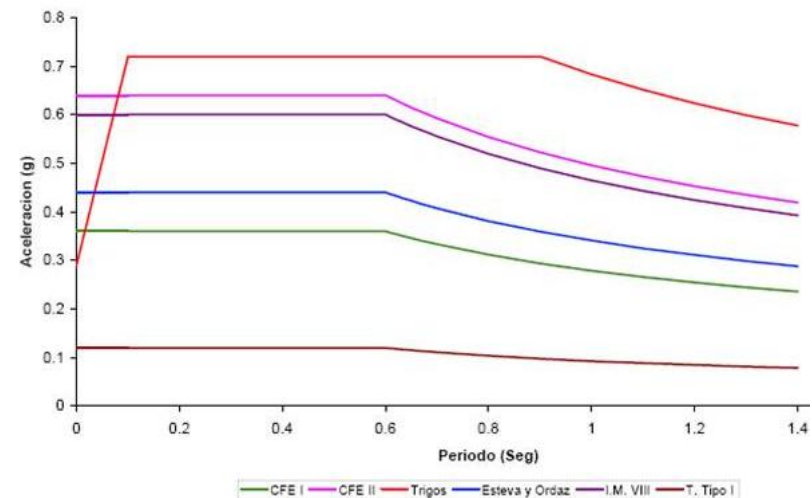


Figura 69. Espectros de respuesta propuestos en distintos estudios para el municipio de Tuxtla Gutiérrez, González et al. 2011.

El MOC-CFE-2008 propone los espectros de roca y espectros de peligro uniforme para tres grupos de construcciones considerando la importancia. Estos espectros son mostrados en la Figura 70 se observa que para el grupo de importancia A y el grupo A+ no es considerable la diferencia del espectro para roca y es el mismo espectro para peligro uniforme. Estos

espectros son procesados a partir de lo obtenido con el programa PRODISIS versión 2.0.

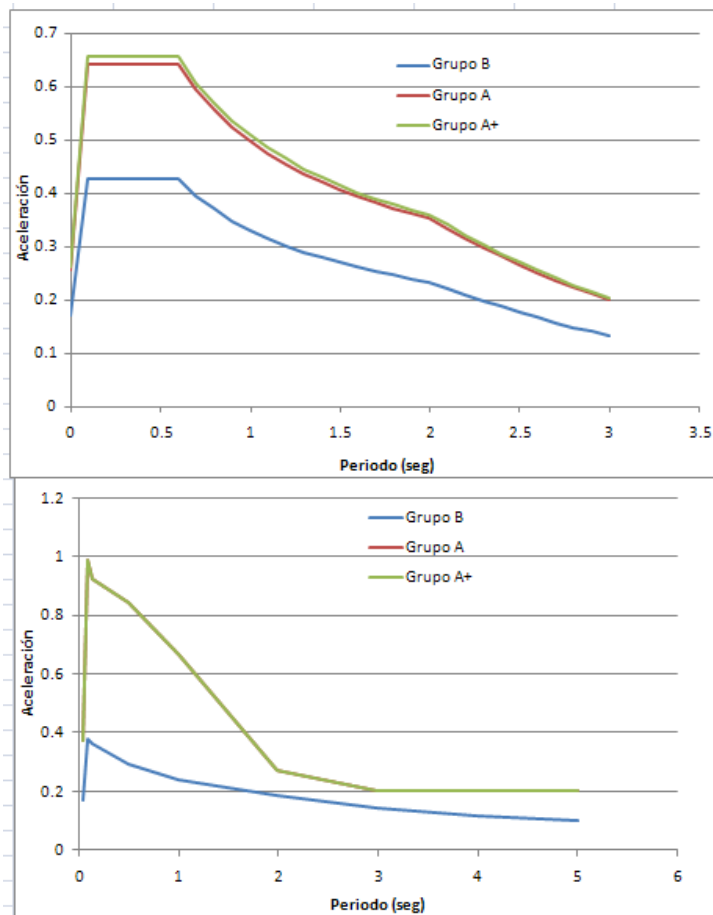


Figura 70. Espectros de diseño en roca y de peligro uniforme, respectivamente, obtenidos a partir del programa PRODISIS ver. 2.0 del MOC-CFE-2008.

### Microzonificación sísmica

Tras el sismo de octubre de 1995, el GIIS a través de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco (Alonso et al., 1995) coordinaron a un equipo de especialistas que determinó el primer mapa de microzonificación para la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, donde mediante vibración ambiental se estudiaron 75 puntos de la ciudad considerando espectros de Fourier.

Los trabajos desarrollados incluyeron un mapa de isoperiodos (Figura 71) donde se manifiesta que la ciudad presenta un suelo muy homogéneo con tres curvas: 0.15, 0.20 y 0.25. Esto redunda en un solo espectro para suelo firme con amortiguamiento del 5.0% y con un coeficiente sísmico de 0.60. Para ver el estudio completo consultar Alonso et al (1995, 1996 y 1999).

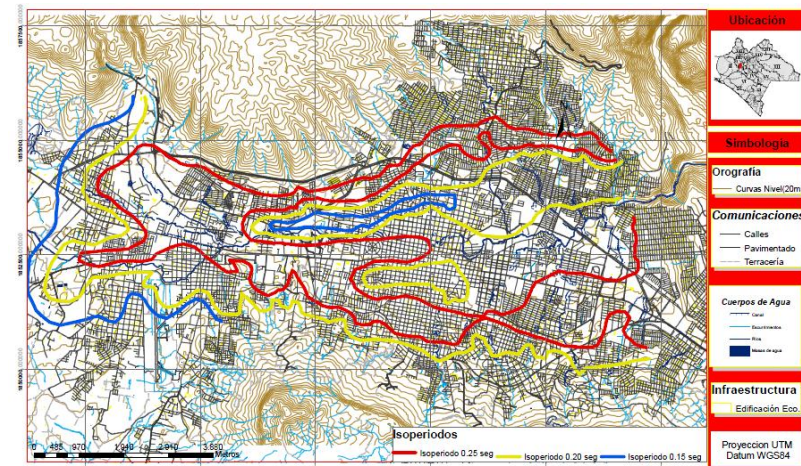


Figura 71. Mapa con curvas de isoperiodos del estudio de 1995 del GIIS, Adaptado de Alonso et al., 1995.

Los estudios de microzonificación para la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, continuaron en los años 2004, 2005 y 2006, con los trabajos desarrollados por la UNACH y la UNICACH (Narcía et al., 2006), mediante los cuales se complementó el mapa de isoperiodos para la ciudad, considerando las nuevas colonias y refinando puntos del estudio previo (se pasó de 75 a 96 puntos de medición), los resultados se observan en la Figura 72.

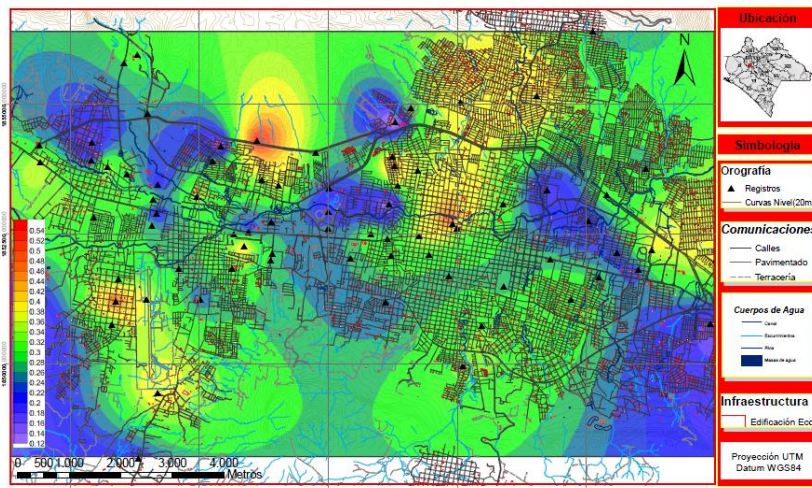


Figura 72. Mapa de isoperiodos del estudio de 2006, adaptado de Narcía et al., 2006.

El estudio señaló que los periodos naturales de los suelos de Tuxtla Gutiérrez están entre 0.10 y hasta 0.53 segundos, las amplitudes encontradas son del orden de 13 y se hace conciencia de la vulnerabilidad sísmica de la cuenca sedimentaria donde se desplanta la ciudad.

Los espesores de los sedimentos se encontraron desde 3.82 y hasta 19.95 m. Se concluyó que el terreno debe clasificarse como intermedio para la mayoría del valle y en algunos casos como firme.

En la actualidad se desarrolla un estudio de microzonificación de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, el cual adicionalmente, busca generar una propuesta de Normas Técnicas Complementarias y estará concluido en marzo de 2012. El proyecto es coordinado por el Instituto de Protección Civil para el Manejo Integral de Riesgos de Desastre del estado de Chiapas con la participación de la UNAM a través de investigadores del Instituto de Geofísica y de Ingeniería de la UNAM y la facultad de Ingeniería de la UNICACH.

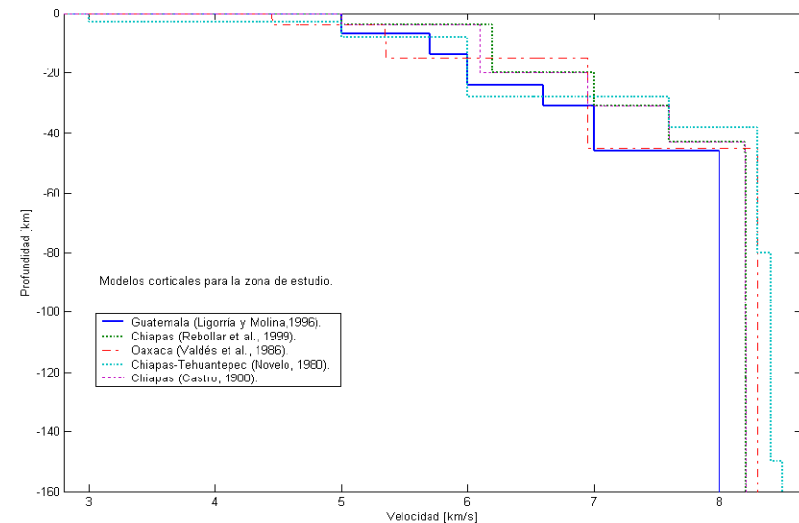


Figura 73. Modelos de velocidades  $s$ , de la corteza (1D) para Chiapas, Guatemala y Oaxaca, (Rodríguez, 2007).

Paralelamente en la ciudad se estudian los efectos de sitio, modelos de velocidad de ondas p y s y se trabaja en leyes de atenuación. En la Figura 73 se muestran los modelos de velocidad de una dimensión existentes desde Oaxaca y hasta Guatemala, considerando sismos de subducción, y en la Figura 74 se muestra un modelo tridimensional propuesto por Rodríguez (2007).

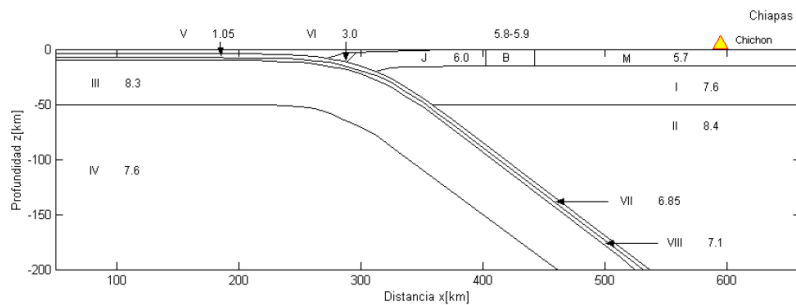


Figura 74. Estructura tridimensional de velocidades s para cada bloque de Chiapas en km/s (Rodríguez, 2007).

En la figura 75 se muestra un conjunto de leyes de atenuación propuestas para Chiapas y Guatemala considerando bases de datos de ambos países desarrolladas por Benito et al. (2001).

En la figura 76 se desarrollan curvas de probabilidad de excedencia para distintos valores de PGA (valores de la aceleración pico del terreno por sus siglas en inglés *Peak Ground Acceleration*), estos valores son determinados para la zona de frontera de México y Guatemala por Benito et al (2001), y en ellos se observa que los sismos con mayor peligrosidad para la región son los generados por el conjunto de fallas de Chixoy-Polochic-Motagua que entran al estado por Motozintla.

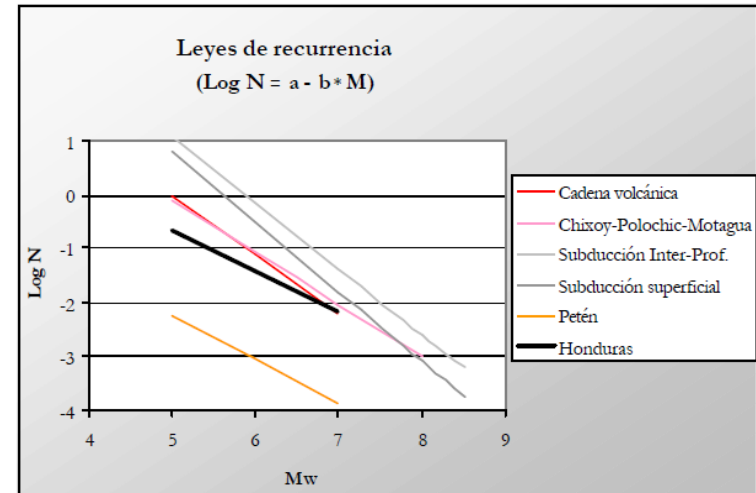


Figura 75. Leyes de atenuación propuestas para la frontera de Chiapas y Guatemala por Benito et al. (2001).

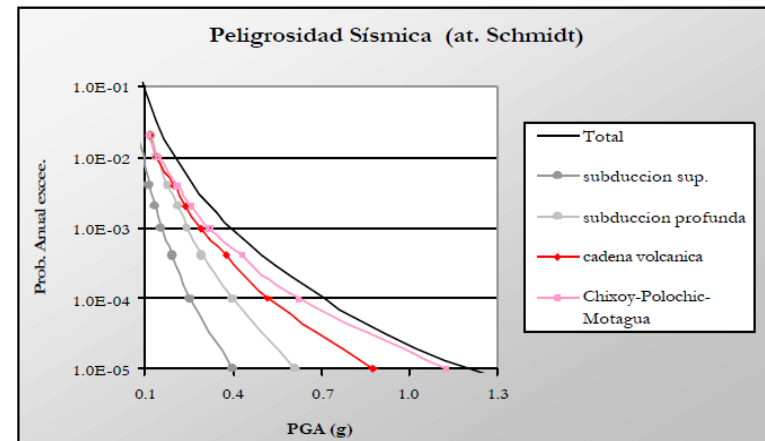


Figura 76. Peligrosidad sísmica propuesta para la frontera de Chiapas y Guatemala por Benito et al. (2001).

En la figura 77 se muestra el mapa de peligro sísmico para Tuxtla Gutiérrez incluido en el Atlas a modo de referencia.

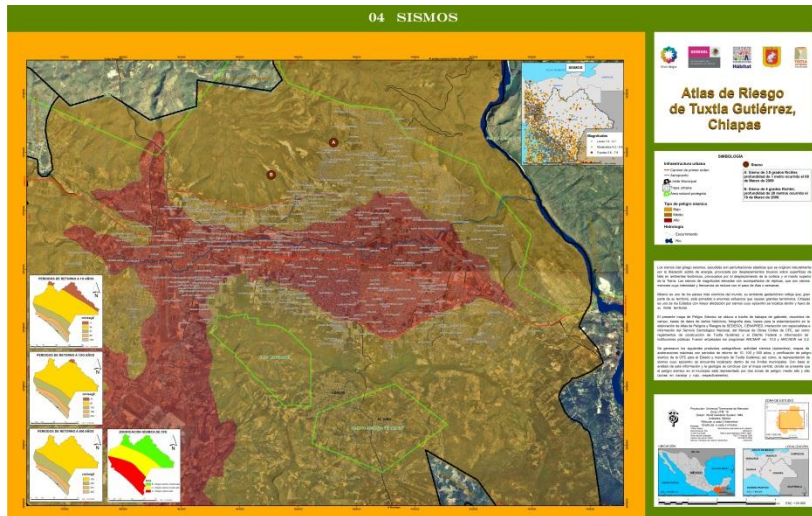


Figura 77. Mapa de peligro sísmico de Tuxtla Gutiérrez.

Tras la presentación de la información existente sobre peligro sísmico, se puede concluir:

- El peligro sísmico de la ciudad es importante por diversos factores, entre ellos la falta de estudios sismológicos como de estructura tectónica, leyes de atenuación y microzonación sísmica, entre otros; sin embargo, algunos de estos estudios se están desarrollando actualmente.
- La zona de valle de la ciudad ha presentado amplificaciones importantes (efecto de sitio) en las construcciones, tal como lo muestra el análisis de daños históricos y las microzonificaciones existentes.

- Es imperante la colocación de una red acelerográfica de movimientos fuertes distribuida en toda la mancha urbana y la instrumentación de los edificios existentes que sean claves para la operación de la ciudad, hay una propuesta para ello elaborada por Niño et al (2007) y otra que aprovecha la infraestructura instalada y aparatos que operan actualmente en la ciudad, esta propuesta es uno de los resultados de la microzonificación sísmica que actualmente se desarrolla.
- Hacer un estudio geofísico de los embovedados y su influencia en el efecto de sitio de la ciudad, así como el estado de su conservación y vida útil.
- Actualizar el reglamento de construcción en su apartado de seguridad estructural colocando un espectro de diseño más allá de solamente coeficientes sísmicos y considerar la nueva zonificación geotécnica propuesta por Ordoñez (2008).

### 6.1.3. Caracterización sociodemográfica y económica del área de influencia de la zona de estudio por amenaza sísmica alta

El área identificada como en riesgo por amenaza sísmica se extiende en los límites de la ciudad al pie de las elevaciones norte y sur. En total 360 manzanas se encuentran en su área de influencia distribuidas en las cuatro zonas de la ciudad. Las características sociodemográficas y económicas de la población ahí asentada, se resumen en el Cuadro 13 y son las siguientes:

### Zona Norte-Oriente

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2005, la población identificada en 169 manzanas es de 13,558 personas, de las cuales 51.6% son mujeres y el 48.4% hombres. Por otra parte, la población que por su edad se considera vulnerable es 37.6% menor a 15 años de edad y 2.3% es mayor a 64 años. Se identifican en la zona 3,415 hogares, de los cuales cerca del 90% son de tipo familiar.

De las 3,244 viviendas ubicadas, 68.9% disponen de piso firme, madera, mosaico u otro material y 31% tienen piso de tierra. El equipamiento de bienes domésticos está representado por 86.7% de las viviendas con televisión, 64.1% con refrigerador, 33% con lavadora y 3.8% con computadora.

Según estimaciones del Conapo, en el año 2005 esta zona se caracterizó por grados de marginación alto y muy alto. Por lo que respecta a la estructura productiva, se encuentran establecidos seis pequeños negocios, cinco de ellos tortillerías en su mayoría ubicadas en la colonia Insurgentes y Carlos Salinas de Gortari. El otro negocio elabora tubos y bloques de cemento y concreto y se encuentra en la colonia La Esperanza. El personal ocupado es de menos de seis personas en cada uno.

Los centros educativos instalados en esta zona son: telesecundaria Belisario Domínguez; escuela primaria Daniel Robles Saso;

escuela primaria Mam; escuela primaria federal vespertina Vicente Guerrero; y jardines de niños Leticia Pola Estrada y Tepochcalli.

### Zona Norte-Poniente

Son 103 manzanas dentro del área, que concentran a 7,127 personas siendo 50.9% mujeres y 49.1% hombres. La población menor a 15 años es de 38.1%, mientras que los mayores de 64 años participan en la estructura de la población con 1.8%. El 89% de los 1,892 hogares son de tipo familiar.

De las 1,836 viviendas ubicadas en la zona 58.9% tienen piso firme y otros materiales y de tierra 41.1%. En cuanto a la posesión de bienes domésticos se contó que 81.5% de las viviendas disponen de televisión, 60.6% de refrigerador, 34.1% de lavadora y 5.9% tienen computadora.

Cuadro 13. Caracterización sociodemográfica del área en riesgo por sismos.

Zonas	Número de manzanas	Número de viviendas	Área de influencia			Hogares	Grados de marginación predominante
			Total	Personas Hombres	Mujeres		
Total	360	7 853	32 451	15 768	16 683	8 193	Alto – muy alto
Norte-Oriente	169	3 244	13 558	6 560	6 998	3 415	Alto – muy alto
Norte-Poniente	103	1 836	7 127	3 503	3 624	1 892	Muy alto – alto
Sur-Oriente	47	1 395	6 096	2 980	3 116	1 476	Alto – muy alto
Sur-Poniente	41	1 378	5 670	2 725	2 945	1 410	Alto

Fuente: Estimaciones propias con datos del INEGI. II Censo de Población y Vivienda 2005. Base de datos a nivel registro. Estimaciones propias con datos del INEGI. II Censo de Población y Vivienda 2005. Base de datos a nivel registro.

El estudio del Conapo sobre marginación urbana de la población, refleja que coexisten distintos grados, siendo predominantes los grados muy alto y alto de marginación.

El Censo Económico 2009 únicamente reporta dos establecimientos económicos en esta área: uno dedicado a la fabricación de productos de herrería y el otro a la elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal, ubicados en las colonias Chiapas Solidario y La Condesa respectivamente, los cuales emplean a menos de seis personas.

### Sur-Oriente

En el sur-oriente habitan 6,096 personas en 47 manzanas consideradas en amenaza sísmica alta. De la población en esta zona, 51% son mujeres y 49% hombres; los menores de 15 años ascienden a 35.1% y mayores de 64 años a 2.7%, considerados por su edad más vulnerables. Los hogares son 1,476, identificándose que cerca de 93% son de estructura familiar.

De las 1,395 viviendas construidas en esta área, 78.8% tienen piso firme y otros materiales, y con piso de tierra representan el 21%. Las viviendas disponen de los siguientes bienes domésticos: televisión 91%, refrigerador 72%, lavadora 44.2% y computadora 8%.

La población en esta zona se caracteriza por registrar marginación en grado medio, seguido por otras áreas que reportan grado alto y muy alto.

Son nueve los establecimientos económicos en esta área de riesgo, cuatro de ellos tortillerías y molienda de nixtamal, ubicadas en la Rivera Cerro Hueco y Francisco I. Madero.

Uno de los mayores establecimientos se dedica a la fabricación de productos de herrería con planta de hasta 30 personas y se ubica en el libramiento Sur oriente, colonia Francisco I. Madero. Sobresale también otro negocio del mismo giro y uno más de comercio al por mayor de equipo y material eléctrico establecido de igual manera sobre el Libramiento Sur oriente, ambos emplean de 6 a 10 personas.

### Sur-Poniente

Se identifican 41 manzanas con una población de 5,670 habitantes, con una proporción de 52% mujeres y 48% hombres. La población vulnerable es de 33.8% menor a 15 años y 2.4% tiene 65 y más años. De los 1,410 hogares, 91% son con estructura catalogada como familiar. Las viviendas construidas en la zona ascienden a 1,378, de las cuales 80% tienen piso distinto a tierra. En cuanto al equipamiento de bienes domésticos 91% de las viviendas tiene televisión, 76% refrigerador, 44% lavadora y 8.5% computadora. La mayoría de las colonias registran grado de marginación alto, seguido de otras con grado bajo.

#### 6.1.4. Construcción histórica de la vulnerabilidad sísmica en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

La ciudad capital del estado presenta un crecimiento poblacional muy importante en los últimos 40 años sin contemplar un desarrollo urbano ordenado (véase Figuras 78 y 79).

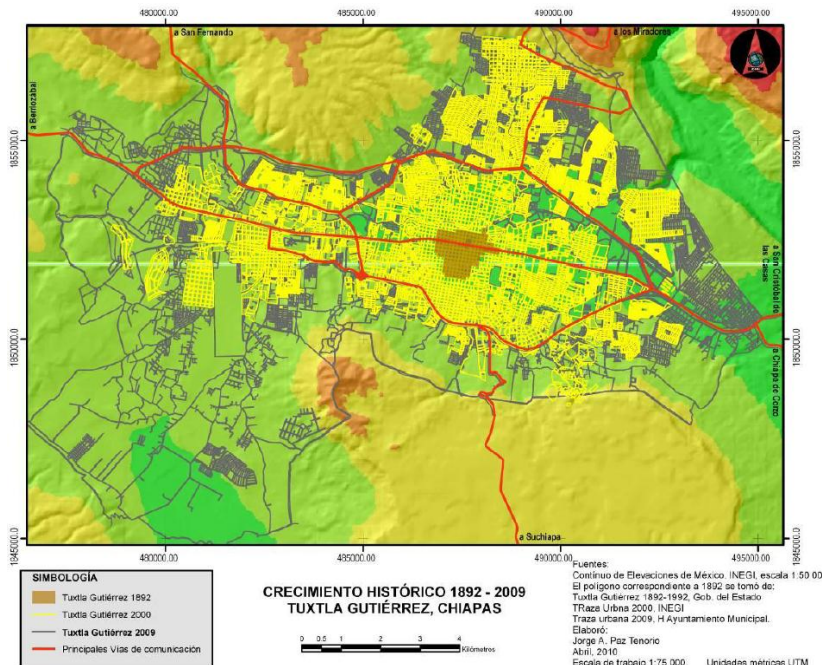


Figura 78. Plano de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, donde se observa el crecimiento de 1892 a 2009 (amarillo mostaza 1892, amarillo 2000 y gris 2009), (Paz, 2011).

Los factores que contribuyeron a dicho crecimiento son entre otros la migración del campo a la ciudad, la construcción del sistema de las presas (fenómeno que produjo la mayor migración a la ciudad en las décadas de 1970 y 1980); el efecto del movimiento del Ejército Zapatista de Liberación Nacional (EZLN) del año 1994; la llegada de empresas con oportunidades laborales; la presencia de las universidades más grandes del estado y los programas sociales que se dan en la capital, fenómenos complejos que en la actualidad tratan de mitigarse mediante el desarrollo de las ciudades rurales e

incremento de la inversión en cada una de las regiones del estado.

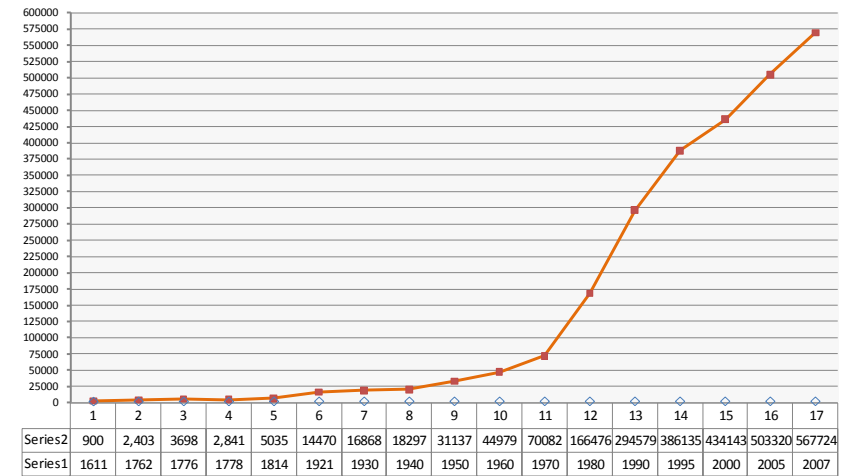


Figura 79. Crecimiento poblacional de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez desde 1611-2007, construcción propia basada en datos del INEGI, (González et al., 2010).

La ciudad de Tuxtla Gutiérrez ubicada en la depresión central de Chiapas, en el valle de Tuxtla sobre terrenos planos con algunas suaves ondulaciones y ligeros declives hacia el río Sabinal que recorre la parte más baja del valle, se encuentra separada del Altiplano Central por el Cañón del Sumidero que corta abruptamente por el noroeste los terrenos semiplanos de la parte alta a los relativamente accidentados de sus faldas (Figura 80), al sur con el Valle de Tuxtla Gutiérrez está limitado por las paredes casi verticales de la Meseta de Copoya, rodeada por completo de terrenos bajos.



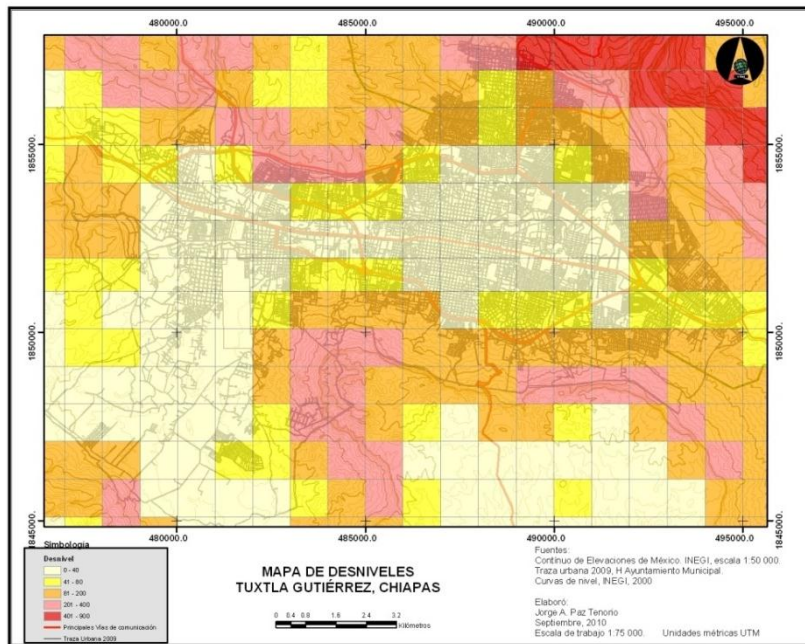


Figura 80. Plano de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez donde se observa la mancha urbana y los niveles de altimetría donde se desarrolla, en la cual se observa su crecimiento reciente en sitios con mayor pendiente (Paz, 2011).

Esta meseta la conforman terrenos semiplanos y planos con una altitud promedio de 800 m, y terrenos más o menos accidentados que forman en el borde poniente el cerro Mactumatzá, el sureste del municipio se conforma en partes por terrenos planos que son una continuación de los del Valle de Tuxtla y terrenos relativamente accidentados que se elevan formando una Meseta de casi 1,200 m de altitud (De la Madrid, 1987).

#### 6.1.4.1. Antecedentes históricos de la construcción de vivienda en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Los primeros asentamientos que dieron lugar a la formación de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, fueron alrededor del año 7000 (antes de nuestra era). El sitio arqueológico más antiguo se localiza en la cueva del rancho Santa Martha cerca de Ocozocoautla, Chiapas. A la llegada de los españoles se encontraban asentamientos zoques (Cedillo y López, 1995).

Entre los años 1500 y 1000 antes de nuestra era, en el estado de Chiapas existieron grupos que vivían del cultivo del maíz y complementando la alimentación con productos de la caza y la recolección, agrupados en pequeños asentamientos comenzaron a desarrollar técnicas nuevas que les permitieron la construcción de chozas y jacales, las cuales estaban hechas a base de troncos de árboles y palmas.

Los zoques habitantes originales de la actual ciudad de Tuxtla Gutiérrez, tenían una vivienda tradicional construida con techo de paja, paredes de bajareque y piso de tierra. Actualmente ésta sólo se encuentra en las zonas rurales del municipio o en los cinturones del área periurbana (véase Fotos 32), ya que ha sido sustituida por construcciones de lámina, cemento, block, tabique y piedra.

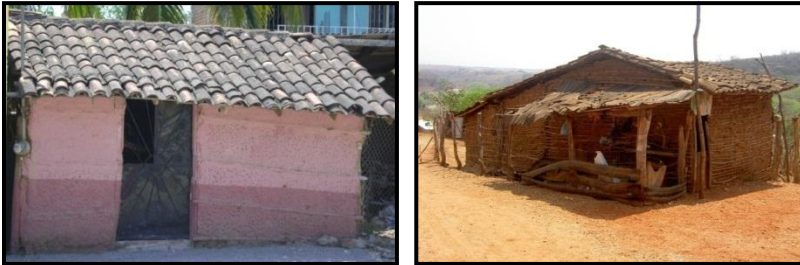


Foto 32. Construcciones de bajareque en las áreas periurbanas y rurales de Tuxtla Gutiérrez.

Las viviendas desde esta época siguieron desarrollándose a base de madera o bajareque para muros y paja para la cubierta. Con la llegada de los españoles se empleó la piedra y el adobe, aunque se mantenían el bajareque y la madera en las construcciones más humildes, que correspondían a los indígenas. López (2003) señala que hasta principios de los años cuarenta del siglo pasado, Tuxtla Gutiérrez conservaba una fisonomía uniforme en cuanto a la construcción de viviendas y demás edificaciones, ya que las construcciones eran de adobe para muros, cimentación de piedra, las cubiertas a dos aguas, techadas con teja de barro y armaduras de madera. Los trabajos de González et al (2010c, 2009a, 2008b y 2005) y Juárez et al (2000), presentan propuestas para mitigar la vulnerabilidad de este tipo de construcciones.

En el siglo XVI los dominicos fundan las capillas de San Roque, Santo Domingo, San Miguel y San Jacinto. Los Jesuitas erigen el templo de San Marcos, donde se utilizó teja de barro para los techos de los templos. En esos tiempos no existían grandes construcciones (Paula, 2008).

De aquí en adelante la teja se utilizó para la construcción de lugares importantes en el centro de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, como la catedral de San Marcos o el Palacio de Gobierno, como se observa en las Fotos 33.

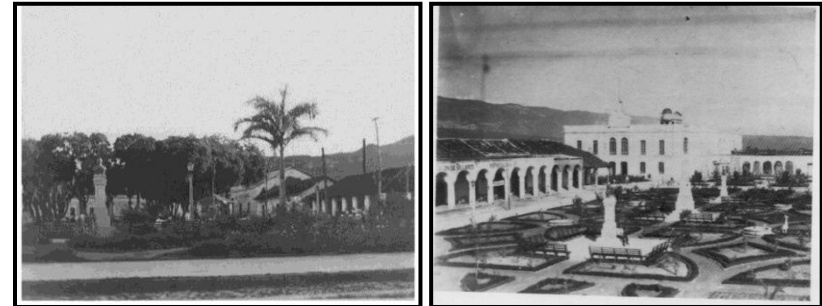


Foto 33. Donde la Foto 33a Muestra las casas administrativas de la época. Foto 33b. Parque central en 1926 con techos de teja de barro (Montiel, 1975).

Entre los siglos XVII, XVIII y XIX, se construyeron casas para comercio, gubernamentales y templos que eran las construcciones más apreciadas y se caracterizaban por sus tejados uniformes de una o dos aguas, construidas a base de piedra braza para muros y cimentación, madera y teja para cubierta. En el resto del siglo XIX y hasta mediados del siglo XX las construcciones fueron de adobe con características técnicas homogéneas; de estas construcciones quedan pocos vestigios en la ciudad capital.

Las viviendas de la ciudad en la actualidad tienen un promedio de menos de 40 años de edad, ya que gran parte de las viviendas fueron destruidas por el sismo subductivo de magnitud de 7.7 e intensidades de X del 23 de septiembre de 1902 (Figuroa, 1973). Las restantes construcciones de adobe, madera, piedra y/o bajareque, han sido demolidas en

el primer cuadro de la ciudad, ya sea para la ampliación de la avenida central y para la modernización del centro, o debido al alto costo del suelo, considerándose la necesidad de construcciones verticales.

#### 6.1.4.2. Antecedentes de la normativa de construcción en Chiapas

El primer reglamento de construcciones para el estado de Chiapas fue presentado el 24 de marzo de 1971, compuesto por 271 artículos y debía ser empleado en ocho municipios. La selección de los municipios fue con base a su número de habitantes, más allá de similitudes de condiciones geológicas, geotécnicas, sísmicas, constructivas o técnicas. Los municipios eran Tuxtla Gutiérrez, Tapachula de Córdova y Ordoñez, Comitán de Domínguez, San Cristóbal de Las Casas, Tonalá, Arriaga, Huixtla y Villaflores.

En 1997 se actualizó el Reglamento de Construcción de Tuxtla Gutiérrez, tras el sismo de octubre de 1995. Este reglamento se ha modificado al menos dos ocasiones de acuerdo a decisiones de los presidentes del colegio de arquitectos o ingenieros civiles de la ciudad, su última versión es la del año de 2005 y consta de 454 artículos, así como una guía normativa para la preservación de la imagen urbana de Tuxtla Gutiérrez, el Jobo y Copoya.

Actualmente en la Secretaría de Infraestructura del Estado de Chiapas existen 16 Reglamentos de Construcción aprobados y tres en proceso de elaboración. Adicionalmente el Instituto de Protección Civil, la facultad de Ingeniería de la UNICACH y la UNAM, a través de recursos del fondo Fomix (Fondos Mixtos Gobierno del Estado de Chiapas y Conacyt), trabajan en la elaboración de Normas Técnicas para los reglamentos

de Tuxtla Gutiérrez y Tapachula, los cuales deben concluirse en marzo de 2012.

Es importante recalcar que los reglamentos de construcciones y sus normas técnicas deben ser elaborados a nivel municipal, actualmente son estatales. En la mayoría de las ciudades del país y en algunos estados se toma como base el reglamento de construcción y las normas técnicas del Distrito Federal, lo cual no siempre es recomendable, debido a que los materiales del subsuelo, los procesos constructivos, los peligros por viento y sismo y las técnicas que se emplean en cada región son diferentes.

La mejor manera de hacer frente a los fenómenos sísmicos es que cada municipio y/o cada ciudad de los diferentes estados tengan sus propias normas técnicas de construcción sismoresistente, a las cuales Aguilar et al. (2004), denominan normas mínimas de seguridad estructural, estas normas marcan los lineamientos para construir de forma segura, de acuerdo con las condiciones locales del comportamiento de los suelos ante la actividad sísmica y los materiales y procesos constructivos locales. Las normas técnicas no son una solución absoluta de seguridad, ya que una vez establecidas deben de ir acompañadas por:

- Difusión mediante cursos de capacitación para su mejor entendimiento y aplicación.
- Un sistema de supervisión, el cual debe de estar constituido por un grupo de supervisores externos certificados.
- Laboratorios de materiales especializados que realicen los estudios sobre la calidad de los materiales.

- El establecimiento de las normas técnicas de construcción debe de ser proceso integral y tender a volverse virtuoso.

La falta de normativa técnica de diseño tiene varias líneas de influencia en una región: el impedimento no escrito, pero sí funcional de la implementación e introducción de sistemas constructivos, la dificultad para el uso de los llamados nuevos materiales y más allá de todo lo que podemos considerar como innovador; la imposibilidad de llevar un control normado por parte de las autoridades de los incumplimientos de una normativa que aun no estando escrita es de uso nacional y que pueda ocasionar perjuicios a terceros y desvirtuando el trabajo de los ingenieros como profesionales. Resumiendo: al no contar con normativa técnica de diseño, no podemos precisar que debemos hacer y si no lo hacemos, que responsabilidad tendremos.

Esta desvinculación del hacer relacionado con la responsabilidad de cómo hacerlo, para tener certeza, compromiso y respeto profesional, tiende a ser muy acentuada entre menor sea la presencia de normativa técnica de diseño amplia y aceptada en una región, lo que como podemos imaginarnos agrava los efectos patológicos de las construcciones (González y otros, 2008a).

Las universidades, centros de investigación y asociación de profesionistas son el marco idóneo para el tratamiento de este problema tan complejo, que viene aparejado con la carencia de investigadores y recursos para desarrollar proyectos. Estos problemas coyunturales se agravan en zonas donde la marginación es grande.

#### 6.1.4.3. Características mecánicas de los materiales constructivos empleados en Tuxtla Gutiérrez

En el estado de Chiapas se presentan cambios importantes en las características de los materiales de construcción que surgen del subsuelo (principalmente piezas para mampostería – bloques, tabicones y tabiques - y agregados – gravas y arenas -), por lo cual, deben hacerse investigaciones para identificar las condiciones de cada región haciendo muestreos en distintos bancos de material y plantas de fabricación.

Ruíz y Aguilar (2006), González et al. (2009a) y González et al. (2010b) realizaron una investigación estadística en la capital del estado, donde se ejecutaron pruebas en el laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería de la UNACH (en los años 2005, 2008 y 2009) a las piezas, morteros y mamposterías, adobes y piezas especiales de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, tanto en tabiques de arcilla y bloques de concreto, colocados en pilas verticales de hasta cinco piezas para tabique y dos piezas para los bloques, para pruebas de compresión pura en muretes.

Las pruebas se realizaron de acuerdo con lo solicitado en el protocolo de pruebas del apéndice A de las NTCM-RCDF-2004 (Normas Técnicas Complementarias de Mampostería del Reglamento de Construcción del Distrito Federal) y la NMX-C-404-ONNCCE-1997 (Normas Mexicanas y el Organismo Nacional de Normalización de Materiales Componentes y Sistemas Estructurales).

Los resultados de las pruebas permiten afirmar que en Tuxtla Gutiérrez se presentan piezas con capacidades a la compresión en rangos desde 1.5 y hasta 4 MPa (desde 15 y hasta 40 kg/cm<sup>2</sup>), lo cual es muy pobre considerando que el

RCDF en sus NTCM-2004 permite emplear piezas con resistencias superiores a los 6 MPa (60 kg/cm<sup>2</sup>), lo que algunas piezas elaboradas por materiales reciclados superan (González et al. 2010b).

Los resultados obtenidos por los estudios anteriores son consistentes con lo que se ha registrado en estudios encontrados en la literatura, donde se enfatiza la variación y poca resistencia de las piezas en el estado, siendo mayor este fenómeno en la zona norte y en la región central, donde se ubica la capital del estado Tuxtla Gutiérrez y las piezas con mayor resistencia se ubicaron en el Soconusco (González y Aguilar, 2004).



Foto 34. Fragmento de bloque de concreto contaminado con materia orgánica.

En la Foto 34, se observan elementos orgánicos contaminantes de la pieza, los cuales están dispersos en la estructura interna del mismo bloque, este tipo de patologías en las piezas suele ser recurrente y determina la resistencia

final, el tiempo de vida de la construcción e incluso la propensión de la pieza a ser atacada por hongos y bacterias, en este aspecto la supervisión es vital para mejorar la calidad rechazando materiales que no cumplen con las especificaciones.

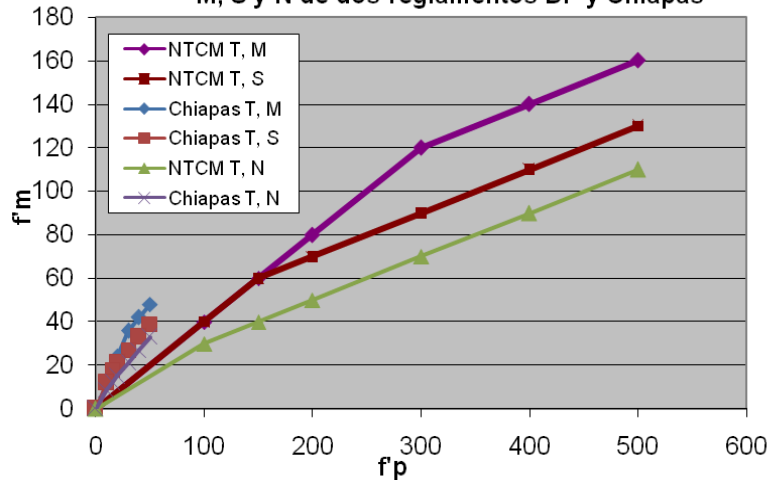
Analizando los requisitos para el desarrollo de mampostería estructural dados por las NTCM-RCDF-2004 y retomados por el reglamento de Tuxtla Gutiérrez, se realizó un estudio que muestra el efecto de considerar las resistencias reglamentarias del mortero estructural que van desde los 4 MPa para mortero tipo N y hasta 12.5 MPa para mortero tipo M (desde 40 y hasta 125 kg/cm<sup>2</sup>) con la combinación de resistencias para piezas encontradas por Ruíz y Aguilar (2006) y así obtener las resistencias de los muros que se construyen en Chiapas y las consecuencias de tener resistencias muy bajas en las piezas.

Cuadro 14. Comparativa de resistencias de piezas, morteros y mampostería para el Distrito Federal y la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Resistencia a la compresión de piezas (f <sub>p</sub> ), con base en área neta, (kg/cm <sup>2</sup> ) RCDF	Resistencia a la compresión de la mampostería (f <sub>m</sub> ), con base en el área neta, (kg/cm <sup>2</sup> )			Resistencia a la compresión de piezas (f <sub>p</sub> ), con base en área neta, (kg/cm <sup>2</sup> ) encontradas en Tuxtla Gutiérrez	Resistencia a la compresión de la mampostería (f <sub>m</sub> ), con base en el área neta, (kg/cm <sup>2</sup> )		
	M	S	N		M	S	N
<i>Tabiques</i>				<i>Tabiques</i>			
500	160	130	110	50	48	39	33
400	140	110	90	40	42	33	27
300	120	90	70	30	36	27	21
200	80	70	50	20	24	21	15
150	60	60	40	15	18	18	12
100	40	40	30	10	12	12	9
0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bloques</i>	<i>M</i>	<i>S</i>	<i>N</i>	<i>Bloques</i>	<i>M</i>	<i>S</i>	<i>N</i>
200	100	90	80	20	30	27	24
150	75	60	60	15	22.5	18	18
100	50	45	40	10	15	13.5	12
0	0	0	0	0	0	0	0

En el Cuadro 14 se muestran los rangos de resistencias de tabiques y bloques avaladas por los reglamentos de construcción del Distrito Federal y los valores de resistencias encontrados por Ruíz y Aguilar (2006) y González et al. (2010b) para Tuxtla Gutiérrez. También se consideran los tres tipos de morteros estructurales solicitados por los reglamentos de construcción. Con la combinación analítica de estos parámetros se obtienen resistencias del conjunto piezas y mortero, el cual técnicamente se denomina mampostería.

Comparación de la mampostería de tabique con mortero tipo M, S y N de dos reglamentos DF y Chiapas



Comparación de la mampostería de concreto con mortero tipo M, S y N de dos reglamentos DF y Chiapas

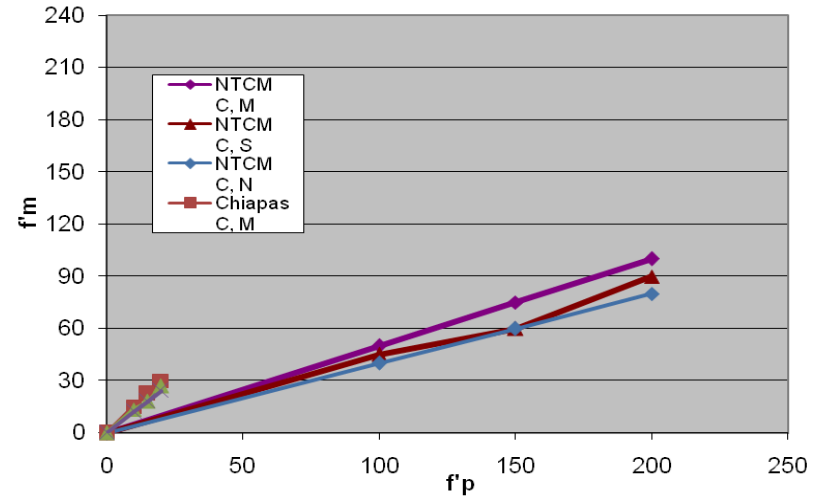


Figura 81. En la Figura 81a Comparación de las resistencias de mampostería de piezas de tabique. Figura 81b. Bloques de concreto de acuerdo con RCDF-2004 y RCTGZ-2005.

En la gráfica de la Figura 81 se muestra la debilidad estructural de los muros construidos con piezas débiles, lo que permite prever que las construcciones presentarán un comportamiento más frágil del deseable (propenso a fallas súbitas o frágiles) y que el proyecto arquitectónico demandará mayores longitudes de muros y/o espesores de estos en ambas direcciones de análisis (longitudinal y transversal), lo cual generalmente no se hace, como puede observarse en la mayoría de las plantas arquitectónicas de proyectos de este tipo para viviendas de interés social.

En la Foto 35 se muestra un proceso patológico que es muy común en la elaboración de los morteros y concretos en obra,

error que tiende a repetirse en la mayor parte de las construcciones. Observamos morteros y concretos elaborados con una cantidad excesiva de agua, lo cual disminuye la resistencia del producto e incrementa el agrietamiento y la contracción de la muestra, ya que al usar relaciones agua/cemento muy altas, el agua se evaporará dejando vacíos que representan el camino por donde los esfuerzos dañaran al material. Adicionalmente nuevos estudios han demostrado que los concretos cuyo revenimiento o trabajabilidad sea lograda mediante una cantidad de agua superior a 12, tendrán menor durabilidad. Estas patologías son bastante controlables y dependen en gran medida del nivel de supervisión que se presenta en la obra y la conciencia del supervisor de cuidar este proceso (González et al., 2008a).



Foto 35. Elaboración de mortero cemento arena con exceso de agua, lo que le provocará fisuraciones y pérdida de resistencia.

Cada vez es más frecuente que empresas nacionales desarrollen piezas de mampostería tecnificadas, las cuales por el momento son “costosas” para los usuarios de los procesos de autoconstrucción, sin embargo tienen la ventaja de garantizar resistencias y durabilidad. Por lo que una alternativa que debería retomar el gobierno estatal a través de la Secretaría de Infraestructura y la de Medio Ambiente y Vivienda, es la capacitación de los fabricantes regionales a fin de mejorar la calidad del producto y poder otorgar garantías de éstos. Los sistemas monolíticos de concreto son usados en el estados desde el año 2002 y en la actualidad un porcentaje importante de las construcciones de vivienda son de concreto reforzado.

#### 6.1.4.4. Identificación de los sistemas constructivos empleados en Tuxtla Gutiérrez

Con la información que se obtuvo al levantar 2,500 encuestas seleccionadas al azar por inferencia estadística de las distintas estructuras que existen en la ciudad, se encontró que en ella existe una gran gama de materiales con los que están construidas, desde los materiales tradicionales hasta los más modernos. En la investigación presentada en González et al (2010a), se encontraron en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, la cantidad de 21 combinaciones de muros y losas (sistemas constructivos).

En el Cuadro 15 se presentan los distintos tipos de construcciones, que emplean diversos materiales para techos y muros. En la Figura 82 se presenta un mapa conteniendo los diversos sistemas constructivos que se encontraron en la ciudad y su distribución espacial.

Cuadro 15. Sistemas constructivos encontrados en Tuxtla Gutiérrez (González et al., 2010a).

Material de muro	Material de losa
Adobe	Lámina de acero, lámina de asbesto, madera y madera con teja.
Bajareque	Lámina de acero, lámina de asbesto, madera y madera con teja.
Block y/o tabicón de concreto	Lámina de acero, lámina de asbesto, madera y madera con teja, losa maciza.
Ladrillo de barro y/o tabique	Lámina de acero, lámina de asbesto, madera y madera con teja, losa maciza.
Madera	Lámina de acero, lámina de asbesto, madera y madera con teja.
Piedra	Lámina de acero, lámina de asbesto, madera y madera con teja.
Concreto	Losa maciza.

En el mapa de clasificación de construcciones (Figura 82) encontramos que los sistemas constructivos se han movido durante el paso de los años del centro de la ciudad y que algunas de las construcciones como adobe aún existen como monumentos o viviendas que han quedado atrapados por las construcciones modernas que se hacen en el centro actualmente. Por lo general la mayoría de las construcciones actuales están elaboradas con los sistemas ladrillo-losa maciza y block-losa maciza, ambos sistemas ocupan tres cuartas partes de la mancha urbana.

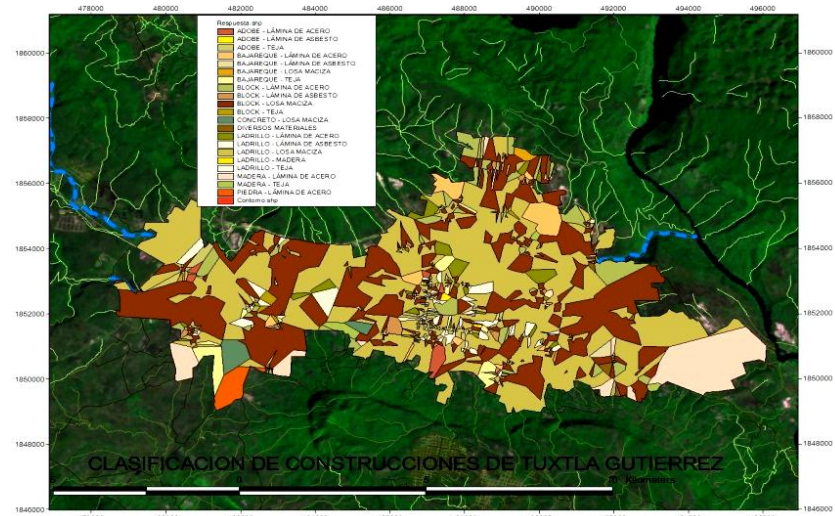


Figura 82. Clasificación de construcciones de Tuxtla Gutiérrez, según sistemas constructivos para cubiertas y muros (González et al., 2010a).

Las construcciones de bajareque, tradicionales desde los zoques en la ciudad, aún existen, encontrándose en los barrios más antiguos y siendo estas una especie de reliquia, muchas de ellas se encuentran en mal estado por la falta de mantenimiento estando más propensas a sufrir daño cuando se presente algún fenómeno como sismo. Se observa que en la periferia de la ciudad se presentan construcciones con mampostería confinada (block o tabique), pero con otro tipo de cubierta (lámina o madera), además de estructuras de madera improvisadas, las que son vulnerables a las ráfagas de viento y a los incendios.

La ciudad de Tuxtla Gutiérrez ha presentado cambios en sus sistemas constructivos, lo anterior se debe a una dinámica de



costo del terreno, modas constructivas y economía de mercado. En la Figura 83 se muestra el mapa de las edades de las estructuras, en donde vemos que en la parte central y en las regiones tradicionales de la ciudad existen construcciones mayores de 30 años de edad, no obstante la media de las construcciones está entre 10 y 20 años.



Figura 83. Clasificación de construcciones de Tuxtla Gutiérrez, según la edad en que se desarrollaron.

#### 6.1.4.5. Conclusión respecto al grado o nivel de riesgo, peligro y vulnerabilidad por sismos

Tuxtla Gutiérrez se encuentra expuesta a un peligro sísmico alto, si bien los periodos de retorno para aceleraciones con un grado destructivo son prolongados, la mala calidad en la construcción de viviendas (autoconstrucción), se debe a la presencia de contaminantes orgánicos, pobre cimentación, falta de cumplimiento de normatividad, entre otros factores; y

aunado a la deficiente planeación urbana, contribuye al incremento de la vulnerabilidad física con relación al fenómeno sísmico.

De igual manera, la vulnerabilidad social se considera elevada, no solo por elementos socioeconómicos propios, sino también debido a las afectaciones causadas por la vulnerabilidad física y la condición de crecimiento y densidad de la población en la mancha urbana.

Se concluye por tanto que, el riesgo sísmico es considerado elevado para la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, principalmente en las zonas delimitadas para el peligro. Es importante una evaluación detallada de la vulnerabilidad física de la ciudad con la finalidad de crear programas de mitigación ante el riesgo sísmico; así como la incorporación de nuevos datos y estudios al presente Atlas de Riesgos.

Respecto a la vulnerabilidad física, en este documento se reconoce la necesidad de reforzamiento de las estructuras dañadas y aquellas que tienen diez o más años de vida, mejorar el reglamento de construcción, constituir las normas técnicas complementarias del mismo y fortalecer las prácticas como la supervisión profesional externa.

Respecto al incremento de capacidades se debe continuar con las campañas de sensibilización y educación del fenómeno, continuar con los simulacros sísmicos y planes familiares de protección civil, desarrollar un proyecto de crecimiento de la ciudad considerando los riesgos y establecer una red acelerográfica en suelo y edificios importantes para la seguridad de la ciudad.

### 6.1.5. Tsunamis o maremotos

Debido a su localización geográfica, la ciudad de Tuxtla Gutiérrez no está sujeta a riesgos de tsunamis o maremotos, motivo por lo cual este punto no es abordado en el presente documento.

### 6.1.6. Vulcanismo

La mayor concentración de volcanes en México se encuentra en la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), en donde se tiene una gran variedad de formas volcánicas como campos de conos monogenéticos, estratovolcanes majestuosos con elevaciones en torno a los 4,000 m, volcanes en escudo, volcanes compuestos, calderas, lavas fisurales y domos (Figura 84), Macías (2005).

El estado de Chiapas, por su geología, es especialmente inestable, debido a que por un lado se encuentra en el borde occidental de la Placa Tectónica del Caribe, mientras que por efecto de la subducción de la corteza oceánica conocida como Placa de Cocos, por debajo de la Placa Norteamericana, genera fusión de magma en profundidad, para ascender por zonas de debilidad cortical y formar volcanes.

La actividad volcánica en Chiapas se presenta en complejos volcánicos del norte de Chiapas, Depresión Central, Soconusco y Sierra Madre, llamado Arco Volcánico Chiapaneco (Figura 85). Posee cerca de 14 edificios volcánicos, de los cuales sólo dos se consideran activos: Chichón y Tacaná, con registros de actividad eruptiva histórica reciente (menos de 10,000 años). El volcán Chichón, está situado a los 17°21'38" Latitud Norte y 93°13'28" de Longitud

Oeste, a aproximadamente 350 km de la trinchera mesoamericana.

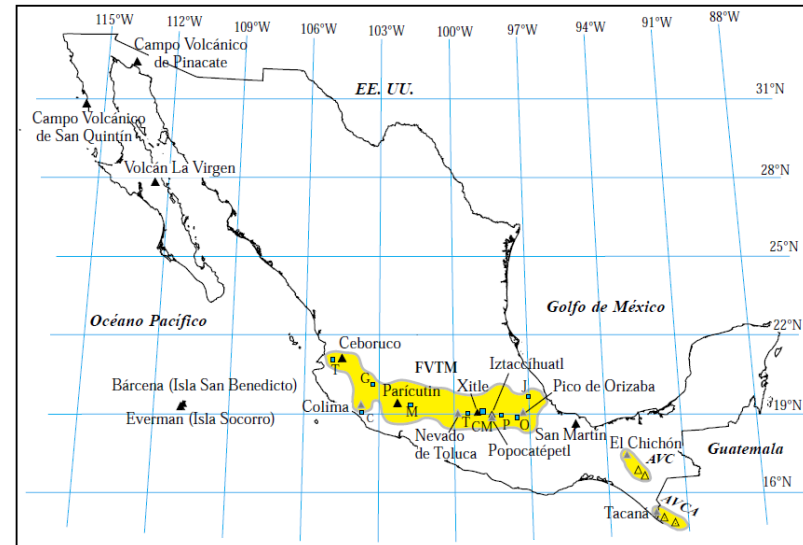


Figura 84. Localización de los principales volcanes de México. Agrupados entre el paralelo 19 y 20° de Latitud Norte se localiza la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), las Islas Revillagigedo, el Complejo Volcánico de Tres Vírgenes, el Campo Volcánico de Los Tuxtlas, Arco volcánico Chiapaneco. Fuente: Macías (2005).

El volcán Chicón presentó una erupción el 28 de Marzo de 1982 y en 1986 se presentó una reactivación en el volcán Tacaná, con actividad fumarólica principalmente vapor de agua. Debido a la magnitud de la erupción del volcán Chichón, la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, a una distancia de 68 km, fue afectada con una capa de cenizas de caída con un promedio de 2 cm de espesor.

En la Foto 36 se observa los efectos de la caída de ceniza en Pichucalco, Chiapas (tomada de Limón, 2005), donde por el peso de este material pueden colapsar cubiertas por el sobrepeso, dañarse tuberías por lo abrasivo del material, daños a la salud y sanitarios, así como accidentes por la reducción de la visibilidad.



Foto 36. Caída de ceniza en Pichucalco, Chiapas, Fotografía: Federico Fragoso, abril de 1982 (tomada de Limón, 2005).

### 6.1.6.1. Historia eruptiva del volcán Chichón

El volcán Chichón ha presentado al menos 11 erupciones explosivas en los últimos 8000 años, ocurridas hace 550, 900, 1250, 1400, 1700, 1800, 2000, 2400, 3100, 3700 y 7500 años (Cuadro 16). Las erupciones ocurridas hace 550, 1250 y 1450 años fueron más grandes que la erupción de 1982, que tuvo un Índice de Explosividad Volcánica IEV=4 (Newhall y Self, en Macías, 2005); para efecto de comparación, el Mount St. Helens en los Estados Unidos alcanzó un VEI=5 y arrojó un volumen total de 1 km<sup>3</sup> de tefra sin consolidar.

Estos eventos eruptivos del volcán Chichón lo convierten en uno de los volcanes activos de México más peligrosos, que merece un estudio pormenorizado por la gran afectación que a las poblaciones vecinas y grandes urbes, como Tuxtla Gutiérrez, puede ocasionar. Cuadro 16.

Cuadro 16. Historia Eruptiva del volcán Chichón (adaptado de Plan Operativo Volcán Chichón, 2010).

Año	Tipo de erupción, efectos y daños
1982	Estromboliana a Pliniana. 28 de Marzo de 1982. Gran erupción explosiva con abundante lluvia de ceniza y flujos piroclásticos. Aproximadamente 20 víctimas causadas por derrumbes de techos producidos por acumulación de ceniza de caída libre. 03-04 de Abril de 1982. Dos grandes erupciones explosivas con abundante lluvia de ceniza y flujos piroclásticos. 8 poblaciones totalmente destruidas; cerca de 2,000 víctimas y más de 20,000 damnificados. Enormes pérdidas materiales en tierras cultivables (aprox. 150 km <sup>2</sup> ) ganado y plantaciones de cacao y plátano en un radio de 50 km a la redonda.
550	Estromboliana a Pliniana. Gran erupción explosiva con abundante lluvia de ceniza y flujos piroclásticos. Posibles víctimas.
900	Estromboliana a Pliniana? Gran erupción explosiva con abundante lluvia de ceniza y flujos piroclásticos. Posibles víctimas.
1250	Estromboliana a Pliniana? Gran erupción explosiva con abundante lluvia de ceniza y flujos piroclásticos. Posibles víctimas.
1500	Estromboliana a Pliniana?

	Gran erupción explosiva con abundante lluvia de ceniza y flujos piroclásticos. Posibles víctimas.
1600	Estromboliana a Pliniana? Gran erupción explosiva con abundante lluvia de ceniza y flujos piroclásticos. Posibles víctimas.
1900	Estromboliana a Pliniana? Gran erupción explosiva con abundante lluvia de ceniza y flujos piroclásticos. Posibles víctimas.
2000	Estromboliana a Pliniana? Gran erupción explosiva con abundante lluvia de ceniza y flujos piroclásticos. Posibles víctimas.
2500	Estromboliana a Pliniana? Gran erupción explosiva con abundante lluvia de ceniza y flujos piroclásticos. Posibles víctimas.
3100	Estromboliana a Pliniana? Gran erupción explosiva con abundante lluvia de ceniza y flujos piroclásticos. Posibles víctimas.
3700	Estromboliana a Pliniana? Gran erupción explosiva con abundante lluvia de ceniza y flujos piroclásticos. Posibles víctimas.
7700	Estromboliana a Pliniana? Gran erupción explosiva con abundante lluvia de ceniza y flujos piroclásticos.
276,000±6,000	Estromboliana a Pliniana? Gran erupción explosiva, emisión de lava, con abundante lluvia de ceniza y flujos piroclásticos.

**Peligros volcánicos en Tuxtla Gutiérrez**

La ciudad de Tuxtla Gutiérrez, a 68 km de distancia del volcán Chichón, puede ser afectada por la caída de cenizas (figura 85).

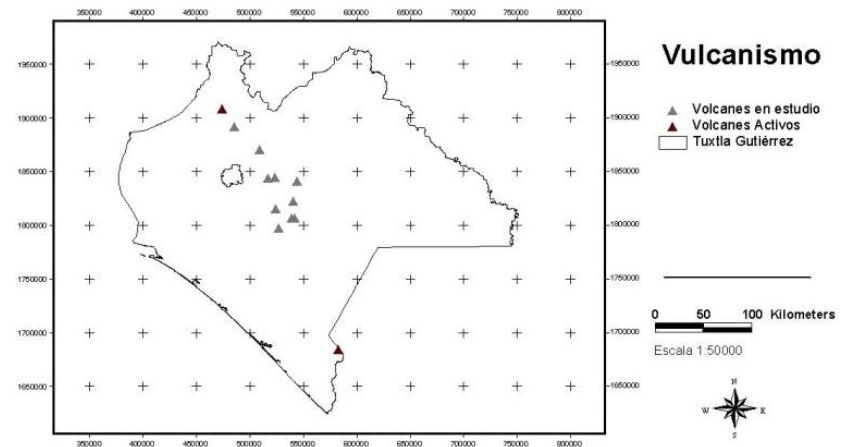


Figura 85. Arco Volcánico Chiapaneco.

La erupción de 1982, provocó que las cenizas emitidas se extendieran a poblaciones como Pichucalco, ubicado a aproximadamente 20 km del volcán, donde se reportaron espesuras de 15 cm de cenizas (Foto 36). En Villahermosa, ubicada a alrededor de 70 km, el espesor llegó a ser de 5 cm.

Los principales efectos de riesgo por la caída de ceniza con estos espesores en Tuxtla, se limitan a problemas de índole sanitaria (afectación de vías respiratorias) que afectan a niños, adultos mayores y personas con padecimientos pulmonares; así como afectaciones en redes de drenaje, contaminación de mantos acuíferos y pastizales; y derrumbe de techos o cobertizos de construcción endeble que pueden ser causantes de desgracias personales.

Con base en la colecta de información, es posible presentar un mapa de isopacas (Figura 86) para depósitos de caída de ceniza (adaptado de Luhr, 1982 en Sánchez, 1985). Este

estudio de isopacas, es el documento más utilizado para evaluar el alcance de las cenizas volcánicas de la erupción del volcán Chichón en 1982.

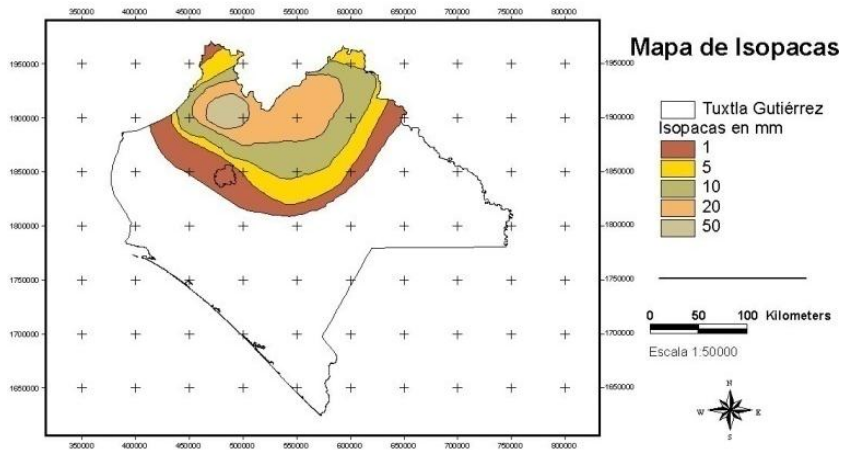


Figura 86. Mapa de Isopacas (adaptado de Luhr, 1982 en Sánchez, G., 1985).

La presencia de otros volcanes activos como el Tacaná y el Santa María, representa un peligro menor que el Chichón para Tuxtla Gutiérrez por la distancia, sin embargo por el tamaño de los edificios volcánicos pudiera incluso llegar cantidades similares de cenizas a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, pero en mayor tiempo. Las narraciones del estudio de Guillén (2002) permiten identificar los daños en Chiapas y principalmente en Tuxtla Gutiérrez por la erupción del volcán Santa María en 1902, las cuales se remiten a caída de ceniza, daños en drenajes e incendio de árboles.

### 6.1.6.2. Conclusión respecto al grado o nivel de riesgo, peligro y/o vulnerabilidad por vulcanismo

En conclusión, las erupciones del volcán Chichón, principalmente del tipo Pliniana, tienen un período de retorno de 500 años aproximadamente. De los peligros generados por este tipo de actividad, la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, se ve afectada por depósitos de ceniza del orden de no más de una decena de centímetros.

Si bien esta cantidad de ceniza en la actualidad representa un riesgo bajo en la población, debido a los mecanismos de socorro, ayuda y atención médica, la vulnerabilidad de los sistemas de drenaje, las viviendas con techos endebles o que no se limpian los bajantes pluviales con regularidad, infraestructuras de servicios y comunicaciones terrestres, aéreas y de radio, vegetación y las cuencas de los ríos Sabinal y Grijalva, incrementan los niveles de riesgo.

El monitoreo y estudio del vulcanismo chiapaneco, con especial énfasis en los volcanes Chichón y Tacaná, debe ser una de las prioridades de los centros de investigación estatal y nacional, con la finalidad de anticipar un evento eruptivo. El monitoreo debe ser en tiempo real y comunicado en línea a la población para estar mejor preparados.

De acuerdo a los resultados de Limón (2005) la vulnerabilidad social de las comunidades cercanas a los volcanes Chichón y Tacaná sigue siendo alta por el desconocimiento del fenómeno o por seguir atribuyendo las erupciones volcánicas a procesos divinos, lo cual implica que la capacitación de cada fenómeno en las escuelas y distintos eventos es una prioridad para la mitigación de los riesgos.

### 6.1.7. Deslizamientos

El ángulo de las pendientes es uno de los factores que más influyen en el deslizamiento de tierras, sin embargo este proceso está íntimamente ligado con otros factores como son: el espesor del suelo, fenómenos climatológicos, hidrología, litología, estructura y geomorfología.

La zona sur de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez tiene un ángulo de reposo variable ya que si bien en muchas colonias es de entre 6 y 12°, el ángulo cambia abruptamente a más de 20° en intervalos de menos de 50 m. Sobre el Cerro Mactumatzá el ángulo de reposo se vuelve mayor a 40° y en caso de que se deslizará afectaría al área inmediata a dicho cerro.

La generación de los deslizamientos se da en forma escalonada, debido a planos de debilidad en el subsuelo, los cuales pueden estar influenciados por la presencia inferida de fallamientos o fracturas o por los cuerpos de aguas superficiales que escurren muy cerca de la zona fallada. Debido a este proceso de fallamiento, es comprensible que se presenten los deslizamientos en la zona de estudio y que éstos se den en grandes bloques y espesores variables, que arrastran la infraestructura construida como viviendas y vías de comunicación e infraestructura hidráulica sanitaria.

Otro factor que influye son las pendientes en donde se localizan las viviendas, las cuales por su propio peso y por efectos de la gravedad con el paso del tiempo sufren daños estructurales o colapsos que pueden ocasionar una catástrofe si no se toman las medidas pertinentes y se construyen obras civiles para evitar los deslizamientos, éstos se presentarán cuando las lluvias saturan los suelos año con año.

Los deslizamientos en esta zona actualmente se siguen generando, pero como no existe instrumentación geofísica del deslizamiento, no se puede precisar y cuantificar dicho movimiento, más este es visible, el cual se vuelve potencialmente muy peligroso en época de lluvias porque el suelo se satura y el riesgo de deslizamiento está latente y se puede producir en cualquier momento (ver Figura 87).

En la Figura 87 se precisa las zonas donde el fenómeno ya se presentó y aquellas donde puede ocurrir al presentarse las condiciones de carga gravitacional, deforestación, pendiente y lluvia excesiva que satura los suelos.

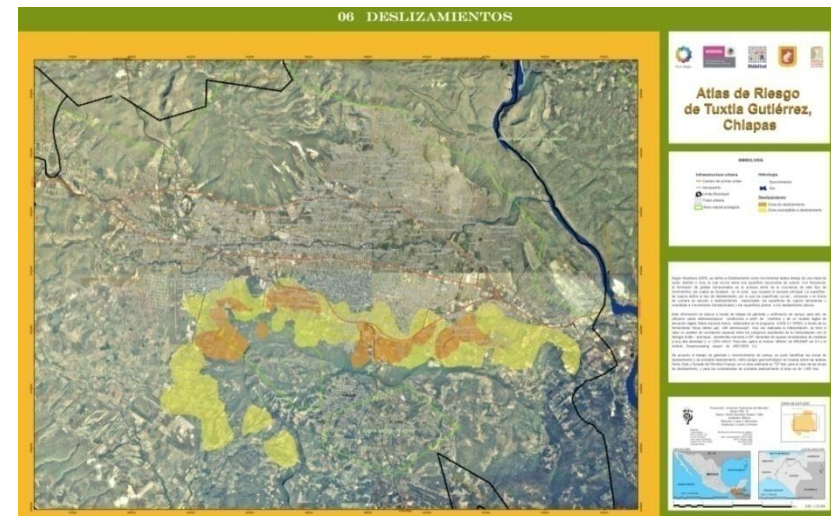


Figura 87. Deslizamientos en Tuxtla Gutiérrez.

### 6.1.7.1. Remoción de masas en la zona sur oriente de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, considerando los casos fraccionamiento Cueva del Jaguar y Lomas del Oriente<sup>16</sup>

En los años 2004 y 2005, el suelo en el cual se encuentran asentadas las colonias Lomas de Oriente y Cueva del Jaguar, aceleró su deslizamiento con dirección sur-norte el cual originó que gran parte de las viviendas que la conforman se colapsaran, fracturaran e inhabilitaran estructuralmente (ver Fotos 37). De igual manera, las vialidades e infraestructura hidráulica sanitaria que se encuentran instaladas. Incluso por los reportes de periódicos y entrevistas realizadas, se puede señalar que este fenómeno se sigue presentado como lo constatan los deslizamientos ocurridos en Lomas del Oriente durante el año 2011 (ver Fotos 38). Aunado a lo anterior, la presencia de sismos moderados a profundidades intermedias; hace factible que se pudiera generar un deslizamiento.



Foto 37. Afectaciones a las viviendas por flujos de lodo en el fraccionamiento Cueva del Jaguar.

<sup>16</sup> Este punto fue obtenido de trabajo de campo y entrevistas, previo conocimiento de los antecedentes de la zona mediante la consulta de trabajos de tesis y documentación de diarios locales y estudios gubernamentales.

Geomorfológicamente la zona de estudio constituye la parte sureste del sinclinal de Tuxtla Gutiérrez, que tiene una posición alargada con orientación general norte poniente - sur oriente y flanqueado, en ambos lados, por capas calcáreas del Cretácico Superior, que son distintivas porque presentan buzamientos o echados muy fuertes (67° medido en campo), reflejo del gran esfuerzo de comprensión que las afectó.

#### Densidad de escurrimientos

El resultado estadístico aplicado a la densidad de escurrimientos en el territorio municipal nos indica que existe una baja a media densidad de escurrimientos superficiales (<4,780 m/km<sup>2</sup>); lo anterior significa una extensión de aproximadamente 27,554 ha, es decir un 80.87% del total del municipio; el resto del territorio (6,514 ha) manifiesta valores clasificados como altos a muy altos (4,780 – 11,124 m/km<sup>2</sup>). Ver mapa de densidad de escurrimientos.

#### Observaciones de campo

Martínez (2011) detecta en su recorrido de campo en la colonia Lomas del Oriente, la presencia de un arroyo que posteriormente fue canalizado. Además menciona el corte de talud que se realizó para nivelar el terreno, mismo que actualmente presenta una altura de 3 m y que ha sido el factor desestabilizante, sobre el cual se construyó un muro de contención que no funcionó. Un elemento importante la falta de drenes en el muro (Vázquez, 2011), lo que contribuyó a que los rellenos contenidos provocaran presiones, resultando una falla en el muro por empuje.

Lo cierto es que hay varios factores que permitieron que se gestaran estos desastres, los cuales son analizados mediante distintos tesis e informes de la UNICACH, la UNACH, la UNAM y Protección Civil quien a principios del años 2011 generaron un informe donde se indica que gran parte de la colonia Lomas del Oriente debe ser desalojada por los altos niveles de riesgo existentes en la colonia.

Paz (2011) desarrolla una metodología donde incluye diversas variables, con las cuales determina índices de peligro que van de 0-10, peligro bajo; de 11-15, peligro medio y de 16-20, peligro alto, el cual es consistente con los daños observados en campo y se muestra en la Figura 88.

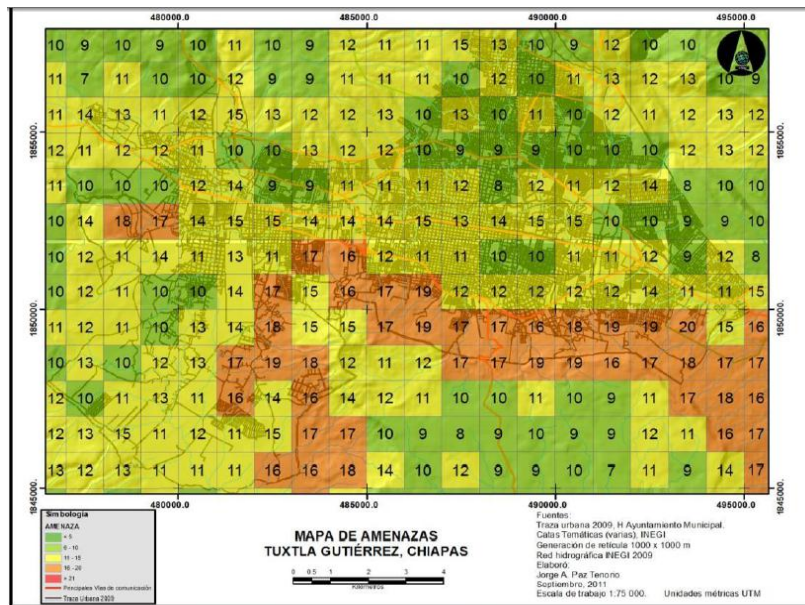


Figura 88. Mapa de peligro de deslizamiento en Tuxtla Gutiérrez (Paz, 2011).

Paz (2011) señala adicionalmente: “El dictamen de Protección Civil (marzo 2011), indica desalojo de Lomas del Oriente, sin embargo las personas sospechan que existen intereses políticos detrás de esa decisión; son varias las versiones que van desde las más inverosímiles hasta las más fantásticas.

Estas situaciones, indican, por una parte la necesidad de encontrar una explicación que cubra ese vacío de información que se ha generado alrededor de este peligro; por otro lado, bajo presiones sociales se diseñan soluciones apresuradas, algunas de las familias son reubicadas en zonas que presentan las mismas características de inestabilidad.”



Foto 38. Afectaciones a las viviendas por flujos de lodo en el fraccionamiento Lomas del Oriente.

### 6.1.7.2. Indicadores de vulnerabilidad física y social en zonas de deslizamientos y de probables deslizamientos

El área que presenta esta vulnerabilidad se integra por 378 manzanas de la zona urbana, ubicándose en el lado sur de la ciudad. Los datos obtenidos se sintetizan en el Cuadro 17.



### Zona Sur-Oriente

Sus características sociodemográficas de acuerdo a lo publicado por el Censo de Población y Vivienda 2005, refieren una población de 17,447 personas, las cuales radican en 4,030 viviendas distribuidas en 188 manzanas. Poco más del 50% de los habitantes de la zona son mujeres y cerca del 49% hombres. Por otra parte, 33% de la población es menor a 15 años de edad, y cerca del 3% es mayor a 64 años.

De las viviendas que se ubican en esta área 88% disponen de piso firme, madera, mosaico u otro material y 12% tienen piso de tierra. En cuanto al equipamiento de bienes domésticos, 94% de las viviendas tiene televisión, 80% refrigerador, 50% lavadora y 15% computadora.

Según el Conapo, en el año 2005 esta zona registraba predominantemente un grado de marginación alto, seguido de otras áreas con marginación media.

Se ubican 68 negocios, en las colonias Francisco I. Madero, Cerro Hueco, Carretera a Suchiapa, Benito Juárez, 6 de Junio, Lomas de Santa María, Lomas de Oriente, Los Pájaros, Los Trabajadores, Paseo del Bosque, Coquelexquitzan y los fraccionamientos Cueva del Jaguar, Guadalupe, Revolución, Loma Bonita y Juan Sabinés.

Por giro de actividad, se encuentran comercios al mayoreo de equipo y material eléctrico, maquinaria y equipo para la construcción y la minería, camiones, envases en general, papel y cartón para la industria, desechos metálicos, madera para la construcción y la industria. Asimismo, hay establecimientos de confección de prendas de vestir, fabricación de lonas y toldos, purificación y embotellado de

agua, elaboración de blocks y tubos de cemento; y tortillerías, herrerías, balconeras, panaderías y carpinterías.

Uno de los mayores establecimientos ubicado en la carretera a Suchiapa tiene más de 50 trabajadores y es de comercio al mayoreo de semillas y granos alimenticios, especias y chiles secos. Son de importancia por la cantidad de empleados que reportan, cinco negocios con más de 11 y hasta 30 personas ocupadas; el primero de ellos es de comercio al mayoreo de camiones, ubicados principalmente en el Libramiento Sur Oriente. El segundo se dedica al comercio al mayoreo de materiales y equipo para la construcción y la minería. Tres más con giros de comercio al por mayor de camiones, Hotelaría con otros servicios integrados y el último de ellos es una herrería establecido en la colonia Francisco I. Madero.

Los jardines de niños establecidos son: Prudencio Moscoso Pastrana, Álvaro Raquel Mendoza y Profa. Luz. Las escuelas primarias son: Miguel Alemán Valdés, Joaquín Miguel Gutiérrez, Independencia, Juan de la Barrera y Salvador Urbina. También se encuentran: la secundaria Rafael Ramírez y la Telesecundaria 272. Finalmente, sobre la carretera Tuxtla-Villaflores se ubica el Colegio Paz de Chiapas, que integra diversos niveles de educación.

Se encuentran con mayor vulnerabilidad y exposición al peligro una población de 12,494 personas en 2,957 viviendas.

### Zona Sur-Poniente

En el sur poniente el área de estudio abarca 190 manzanas con 19,111 residentes, siendo 52% mujeres y 48% hombres y una población vulnerable por edad menor de 15 años de 32.5% y mayor de 64 años de 2.5%.

De las 4,498 viviendas, 88% tienen piso firme y materiales diferentes a tierra. Las viviendas disponen de los siguientes bienes domésticos: televisión 95%, refrigerador 82%, lavadora 52% y computadora 16%.

En esta zona predomina un grado de marginación alto, aunque también se encuentran manzanas con grado medio y bajo.

De acuerdo a lo reportado por el Censo Económico 2009, se cuenta con 71 establecimientos económicos, ubicados en el Barrio San Francisco, Vista Hermosa, El Cocal, Burocrática, Romeo Rincón, Belén, Diana Laura, Infonavit Solidaridad, La Reliquia, Loma Bonita, Los Presidentes y los fraccionamientos Colinas de Bella Vista, Penipak, Zoque y El Ciprés. Los giros de actividad son comercio al mayoreo de partes y refacciones nuevas para automóviles, camionetas y camiones; maquinaria y equipo para actividades comerciales y fabricación de

productos de herrería y de madera para la construcción, maquinado de piezas metálicas para maquinaria y equipo en general. Uno de los mayores negocios tiene como giro de actividad el comercio al por mayor de maquinaria y equipo agropecuario, forestal y para la pesca ubicado en la colonia Romeo Rincón.

Cabe destacar que dentro de esta zona se encuentran los jardines de niños: Esperanza Castellanos Viuda de Flores, Juan Sabines Gutiérrez, Luis Donald Colosio, Centro Educativo Infantil Chiapas y Belisario Domínguez. Asimismo las primarias Leona Vicario, Alberto González Blanco, Amado Nervo, Romeo Abelardo Rodríguez Espinoza, 7 de Octubre, y la escuela secundaria Técnica 59.

La población identificada con mayor propensión al fenómeno asciende aproximadamente a 12,640 personas en 3,026 viviendas.

Cuadro 17. Indicadores de vulnerabilidad física y social en zonas de deslizamientos

Zonas	Área de influencia por deslizamiento					Área de peligro		
	Número de manzanas	Número de viviendas	Personas			Grado de marginación predominante	Número de viviendas	Personas
			Total	Hombre	Mujer			
Total	378	8528	36558	17779	18779	Alto-medio	5983	25134
Sur-Oriente	188	4030	17447	8567	8880	Alto-medio	2957	12494
Sur-Poniente	190	4498	19111	9212	9899	Alto-medio	3026	12640

Fuente: Estimaciones propias con datos del INEGI. II Censo de Población y Vivienda 2005. Base de datos a nivel registro. Conapo 2006, Índice de Marginación Urbana 2005. Base de datos.

### 6.1.7.3. Indicadores de vulnerabilidad física y social en zonas de probables deslizamientos

Conforman la superficie 923 manzanas, distribuidas 593 en la zona oriente y 330 en la zona poniente de la ciudad. La población asciende a poco más 65,000 personas concentrándose principalmente en la zona oriente con 40,951 habitantes, mientras que la zona poniente alberga a 24,252 personas.

Del total de la población en esta área, 52% son mujeres y 48% hombres. La población que por su edad se considera con mayor vulnerabilidad, corresponde a menores de hasta 14 años de edad en una proporción de 31% y mayores de 64 años en 3.4%. Las 15,414 viviendas se caracterizan por disponer en 91% piso diferente a tierra. La disposición de bienes domésticos es de 95% con televisión, 84% con refrigerador, 54% con lavadora y 17% con computadora.

La población residente en las manzanas de esta área tiene con mayor predominio grados de marginación medio y en menor medida grados bajo y alto.

Los negocios establecidos ascienden a 292 y de entre los que tienen menos de seis personas empleadas predominan los comercios y servicios como panaderías, tortillerías, tiendas de abarrotes, farmacias y veterinarias, venta de materiales de construcción y de maquinaria y equipo para la industria y la construcción; así como talleres de torno y soldadura, herrerías-balconeras, carpinterías, imprentas, confección de prendas de vestir, purificadoras y embotellado de agua.

Los establecimientos más grandes tienen entre 11 y hasta 250 personas empleadas, sobresaliendo por este rubro uno de comercio al por mayor de leche y otros productos lácteos de la colonia Potrero Mirador y otro más que fabrica bandas y

mangueras de hule y de plástico ubicado en la colonia Loma Bonita Terán con más de 50 y hasta 250 personas en servicio.

### 6.1.7.4. Conclusión respecto al grado o nivel de riesgo, peligro y/o vulnerabilidad por deslizamientos

#### Peligrosidad Geomorfológica

De acuerdo a lo anterior, el municipio de Tuxtla Gutiérrez presenta dos escenarios de peligros:

1. El primero se localiza en la unidad morfológica conocida como Valle, en la cual se conjugan ángulos de inclinación bajos con una densidad de escurrimientos considerada como muy alta; cabe señalar que estos ríos por ubicarse en la cuenca baja en tiempo de lluvias son muy caudalosos. Considerando las condiciones anteriores, es muy probable que se presenten inundaciones.
2. El segundo se localiza en el relieve de tipo montañoso, específicamente en las geoformas conocidas como escarpes, laderas y valles intermontanos, en donde las pendientes son fuertes ( $> 20^\circ$ ) y en algunos casos la densidad de los ríos es alta ( $> 4,780 \text{ m/km}^2$ ).

Cabe señalar que en el marco de una relación compleja existente entre los componentes geomorfológicos antes mencionados y los geológicos – tectónicos, estas zonas son propicias para la presencia de Coluviones y Proluviones.

#### Deslizamiento

A manera de conclusión, se puede decir que existen cuatro zonas que representan un alto peligro por deslizamiento, dicha zonificación contempla las siguientes colonias: Los Pájaros, Rivera de Cerro Hueco, Paseo del Bosque, Diana

Laura, Cueva del Jaguar, Lomas de Oriente, Zoque y Coquelexquitzan; todas ellas establecidas al sur poniente y sur oriente de la ciudad, las cuales tienen como límites extremos bajo un rumbo norte-sur, las laderas altas escarpadas de la Meseta de Copoya y el Libramiento Sur.

Es importante señalar que en estas áreas la dinámica del proceso se hace más notorio, debido a la gran cantidad de arroyos (4,780 – 11,124 m/km<sup>2</sup>) que surcan las laderas y que humectan el suelo expansivo y por la modificación antrópica que ha tenido el relieve.

Es imperante desarrollar estudios profundos geofísicos, geológicos, geotécnicos, etc., que permitan evaluar de manera cuantitativa la problemática de la ladera sur, evaluar la densidad de construcción que la ladera pudiera mantener de forma segura, los estudios mínimos que deberían desarrollarse para la autorización de nuevos fraccionamientos, el estado vulnerabilidad de cada uno de los existentes y la forma de construir en la ladera, así como el manejo integral de los escurrimientos, el cual no necesariamente consiste solamente en transferir el problema a los fraccionamientos que por condiciones topográficas se encuentra aguas abajo.

### 6.1.8. Derrumbes

Un derrumbe o caída de rocas representa el movimiento repentino de rocas o suelos por acción y efecto de la gravedad, favorecido por una pendiente abrupta y la presencia de escarpes con pendiente fuerte, usualmente mayores a 40° (Alcántara y Echeverría, 2001; Alcántara, et al. 2001).

El movimiento de los bloques es de caída libre, continuando el movimiento aún después de llegados a la parte baja. Es muy importante la ubicación de las zonas de fuerte pendiente en donde la roca o material poco consolidado presentan

intemperismo, erosión, fracturamiento, planos de estratificación o fallas geológicas porque representan un peligro potencial de derrumbes en zonas urbanas, tal es el caso de ciudades como Taxco. Los sismos también pueden ser generadores de derrumbes. En la Figura 89 se muestran los riesgos por derrumbes en el municipio de Tuxtla Gutiérrez.

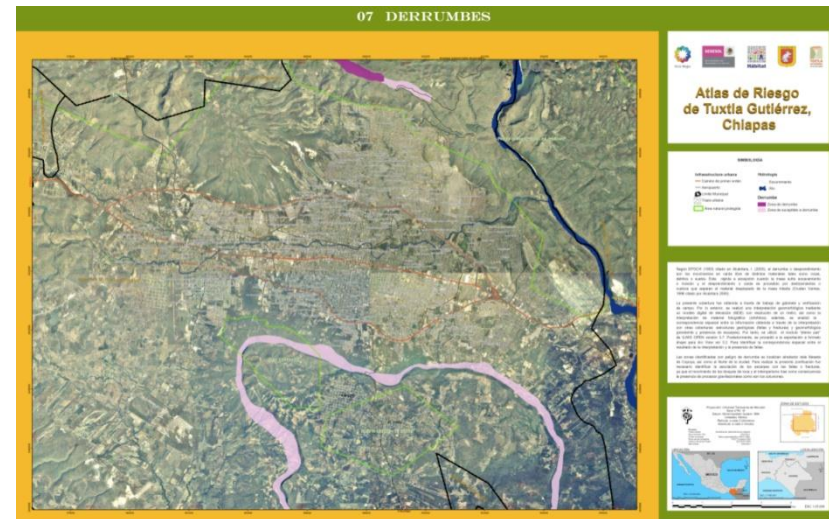


Figura 89. Derrumbes en Tuxtla Gutiérrez.

La presente cobertura fue obtenida a través de trabajo de gabinete y verificación de campo. Por lo anterior, se realizó una interpretación geomorfológica mediante un modelo digital de elevación (MDE) con resolución de un metro, así como la interpretación de material fotográfico (ortofotos); además, se analizó la correspondencia espacial entre la información obtenida a través de la interpretación con otras coberturas: estructuras geológicas (fallas y fracturas) y geomorfológica (pendiente y presencia de escarpes). Se utilizó el módulo *stereo pair* de ILWIS OPEN versión 3.7. Posteriormente, se procedió a la exportación a formato shape para Arc View

versión 3.2., para identificar la correspondencia espacial entre el resultado de la interpretación y la presencia de fallas.

Las zonas identificadas con peligro de derrumbe se localizan alrededor de la Meseta de Copoya (ver Foto 39), así como al Norte de la ciudad. Para realizar la presente zonificación fue necesario identificar la asociación de los escarpes con las fallas o fracturas, ya que el movimiento de los bloques de roca y el intemperismo trae como consecuencia la presencia de procesos gravitacionales como son los coluviones.

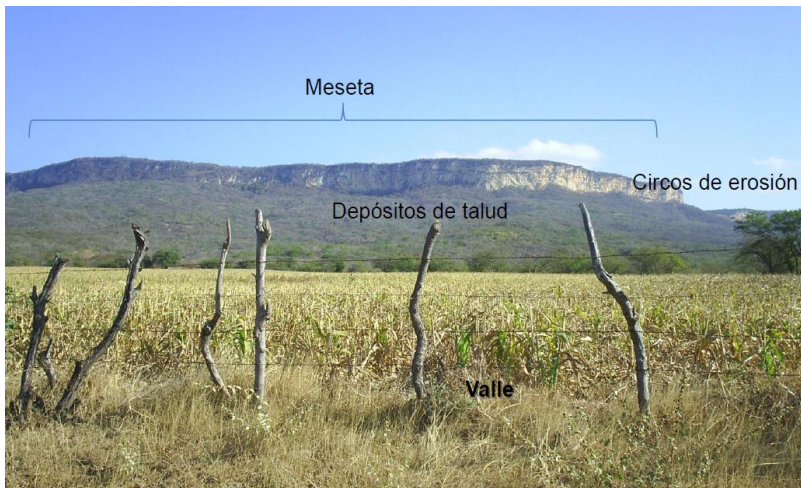


Foto 39. Zona susceptible a derrumbes en la meseta de Copoya (tomado de Paz, 2011).

### 6.1.8.1. Conclusión respecto al grado o nivel de riesgo, peligro y/o vulnerabilidad por derrumbes

El área de mayor peligro por derrumbes se localiza al norte de la ciudad, en las partes cumbreales de una montaña kárstica, la cual funciona como un límite natural entre la zona sur de la poligonal perteneciente al Parque Nacional Cañón del

Sumidero y el desarrollo urbano que comprende las colonias como Jardines del Norte, Las Granjas y Potinaspak. Dicha asignación se debe a la alta concentración de energía del relieve, y por la presencia de la falla geológica “Tuxtla”, ya que según los análisis morfométricos obtenidos para este estudio, dicha geoforma posee un alto valor altitudinal (1200 – 1300 m), lo cual es complementado con una fuerte disección vertical (112 – 271 m/km<sup>2</sup>) y fuertes ángulos de inclinación (> a 20°).

Para finalizar, es importante mencionar la existencia de otra área al sur de la ciudad con forma de faja la cual rodea en su perímetro norte a la Meseta de Copoya, dicha zona ha sido clasificada como susceptible a derrumbes debido a que presenta condiciones geomorfológicas similares a la anterior, sin embargo, no se ha reportado la presencia de fallas geológicas.

### 6.1.9. Flujos

Los flujos, de acuerdo a Alcántara (2000), son movimientos espacialmente continuos, en los que las superficies de cizalla son muy próximas, de poca duración y por consiguiente difíciles de observar. El movimiento de los flujos es muy parecido al de un fluido viscoso, razón por la que la distribución de velocidades no es homogénea y origina la formación de lóbulos a partir del predominio del movimiento intergranular. Los flujos envuelven todos los tipos de material disponibles y reclasifican con base en su contenido, por tanto se dividen en flujos de rocas (*rockfalls*), flujos o corrientes de derrubios (*debris falls*) y flujos de arena o suelo (*soil falls*).

De acuerdo con sus características, los flujos se clasifican en las siguientes categorías (Cenapred, 2004):

- Flujos de lodo: es una masa de tierra y agua que se desplaza a gran velocidad, y tiene material básicamente arcilloso.
- Flujos de tierra o suelo: con características similares al anterior, aunque la textura del suelo es al menos de 50% de arena, limo y grava.
- Flujos o avalancha de detritos: Es un movimiento rápido donde se combinan suelos, fragmentos de rocas y vegetación entrampada.
- Creep: Es un movimiento muy lento, con poca diferenciación de las geoformas resultantes del flujo.
- Lahar: Flujo de origen volcánico.

Se requiere considerar la información de estructuras geológicas (INEGI, COREMI) como fallas normales y zonas de fuertes pendientes del terreno mediante análisis del relieve y la disección vertical y horizontal (INE) o bien mediante el análisis de pendientes de un modelo digital de elevación (INEGI). Es también necesario considerar la actividad sísmica de la región de estudio debido a que durante y después de un sismo fuerte (SSN) puede llegar a presentarse un flujo de lodo, o bien durante o después de una actividad volcánica de la región cercana al área de estudio.

Los flujos se determinan mediante la fotointerpretación de fotografías aéreas, ortofotos e imágenes de satélite y mediante la verificación de trabajo de campo, de manera similar a los deslizamientos, aunque observando las diferencias en la configuración de las microformas resultantes y de los tipos de sedimentos.

### 6.1.9.1. Flujos de lodo en Tuxtla Gutiérrez

Una etapa básica de la investigación es el análisis morfométrico, en la cual se determinan los principales ángulos de inclinación del terreno, la densidad de cauces por km<sup>2</sup>, densidad de fallas y fractura por km<sup>2</sup>, ordenes de corrientes, disección vertical, entre otros. Para este trabajo se han aplicado los métodos y conceptos sugeridos por Lugo (1988), y Priego et al (2008). Una vez generada la información, se realizó un análisis de tipo espacial y estadístico (relacional y correspondencia) entre los diferentes indicadores del relieve a través de la aplicación de diferentes módulos de un sistema de información geográfica (SIG), para determinar los riesgos de flujos en Tuxtla Gutiérrez (Figura 90).

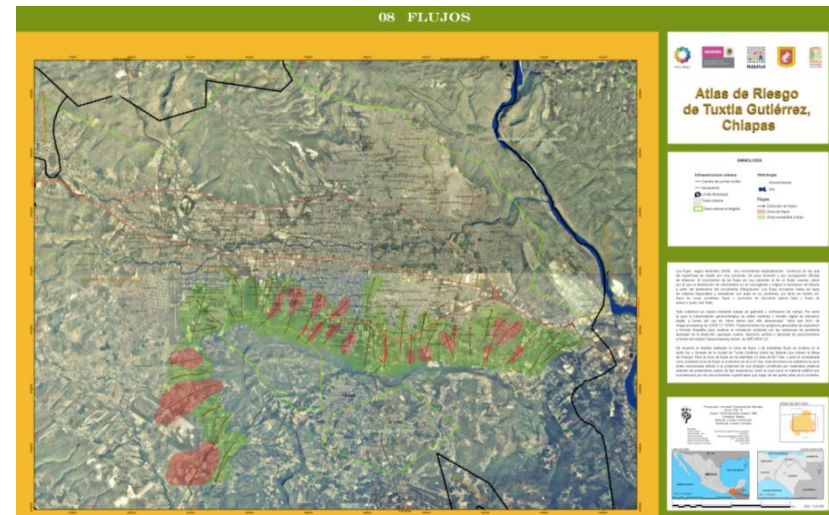


Figura 90. Flujos en el municipio de Tuxtla Gutiérrez.

Esta cobertura se originó mediante trabajo de gabinete y verificación de campo; por tanto, se elaboraron pares estereoscópicos digitales en el programa ILWIS 3.7 OPEN mediante los módulos *show stereo pair, with stereoscope*; las ortofotos presentaron una resolución menor a un metro y el

modelo digital de elevación está basado en una altimetría a un metro de equidistancia.

Para la verificación de la información se realizaron recorridos en aquellas zonas de mayor relevancia geológica y geomorfológica. De acuerdo a lo anterior, la zona de flujos y de probables flujos se localiza en los lomeríos y colinas ubicadas al sur y sureste de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. Este fenómeno se establece en la zona antes mencionada debido a la presencia de una litología constituida por materiales clásticos (lutita – limolita – arenisca), y sobre estas

ambiente potencial para la manifestación de este proceso, el cual ha sido activado por las actividades antrópicas. El área estimada para la zona de flujos es de 821 ha. y la probable es de 241 ha.

**6.1.9.2. Indicadores de vulnerabilidad física y social en zonas de flujos y de probables flujos**

En la superficie identificada como en peligro por flujos, se encuentran 260 manzanas, ubicándose en la ciudad en las siguientes zonas (Cuadro 18):

Cuadro 18. Indicadores de vulnerabilidad del área por riesgo de flujos.

rocas se establecen suelos de tipo expansivos, los cuales al

Zonas	Área de influencia					Área de peligro			
	Número de manzanas	Número de viviendas	Personas			Hogares	Grado de marginación predominante	Número de viviendas	Personas
			Total	Hombre	Mujer				
Total	260	12039	51565	24661	26904	12448	Medio-Alto	3664	15376
Sur-Oriente	115	3624	15613	7664	7949	3775	Alto-Medio	1330	5733
Sur-Poniente	145	8415	35952	16997	18955	8673	Medio-Alto	2334	9643

Fuente: Estimaciones propias con datos del INEGI. II Censo de Población y Vivienda 2005. Base de datos a nivel registro. CONAPO 2006, índice de Marginación Urbana 2005. Base de datos.

verse humedecidos por los arroyos superficiales generan un

**Sur-Oriente**

Se encuentran en la zona de peligro 115 manzanas, cuyas características sociodemográficas de acuerdo a lo reportado por el Censo de Población y Vivienda 2005 son:

La población es de 15,613 personas, de las cuales 51% son mujeres y el 49% hombres. Por otra parte, 33.7% de la

población es menor a 15 años de edad, y 2.9% es mayor a 64 años. Se identifican en la zona 3,775 hogares, de los cuales 93% son de tipo familiar predominantemente nucleares.

Ascienden a 3,624 las viviendas que se ubican en esta aérea, y de ellas 88% disponen de piso firme, madera, mosaico u otro material y 12% tienen piso de tierra. En cuanto al equipamiento de bienes domésticos, 92% de las viviendas

tiene televisión, 76% con refrigerador, 47% con lavadora y 11% con computadora.

Según estimaciones realizadas por el Conapo, en el año 2005 esta zona registraba predominantemente un grado de marginación alto, seguido de otras manzanas con medio y muy alto.

De acuerdo a lo reportado por el Censo Económico 2009, se cuenta con 48 establecimientos económicos dedicados al comercio, industria manufacturera y servicios, en el barrio San Francisco, Colonia Azteca, La Misión, La Industrial, Ideal, Francisco I. Madero, Rivera de Cerro Hueco, Paseo del Bosque, 7 Abril, y 6 de Junio.

Por su tamaño sobresale una empresa ubicada en el barrio San Francisco, que se dedica a la distribución de equipo agrícola para el campo empleando un rango de 11 a 30 personas. Le siguen dos empresas con más de 5 y hasta 10 personas ocupadas; una de ellas es una panadería y la otra elabora productos de herrería y aluminio. La ubicación de ambas es la calle central en el barrio San Francisco.

Cabe destacar que dentro de esta zona se identifican las escuelas primarias Francisco Villa, Lázaro Cárdenas, y Juan Aldama; y los Jardines de Niños Tláloc, José Emilio Grajales y Prudencio Moscoso Pastrana. Asimismo se ubica la Escuela Secundaria Técnica Industrial N° 131. Se encuentran con mayor vulnerabilidad y exposición al peligro una población estimada de 5,733 personas y 1330 viviendas.

### Sur-Poniente

En el Sur poniente se identifican 145 manzanas que podrían ser afectadas, las cuales tienen 35,952 residentes, siendo 53% mujeres y 47% hombres. La población menor de 15 años

es de 32% y mayor de 64 años de 3.2%. Los hogares son 8,673 y de estos 90%, son hogares con estructura de tipo familiar.

Las viviendas ubicadas en esta zona ascienden a 8,415, caracterizándose por tener 89% piso firme y otros materiales diferentes a tierra. Las viviendas disponen de los siguientes bienes domésticos: televisión 92%, refrigerador 76%, lavadora 42% y computadora 12%.

El grado predominante de marginación es medio, seguido de los grados alto y bajo. Se ubican 69 negocios en las colonias Burocrática, Ideal, Loma Bonita, Penipak, San Francisco, Borgues, Ampliación Cocal, Diana Laura, Los Mangos, Barranco Cenizo, Vista Hermosa, Colinas del Sur, Romeo Rincón y Fraccionamiento Belén. Los giros predominantes son: maquinado de piezas metálicas para maquinaria; impresión de formas continuas y otros impresos; fabricación de productos de herrería; elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal; y comercio al por mayor de textiles, materiales para la construcción, fertilizantes, plaguicidas y semillas para siembra, abarrotos y materias primas, entre otros.

Por su tamaño sobresalen dos establecimientos con un rango de 31 a 50 personas empleadas y se dedican al comercio al por mayor de materiales metálicos para la construcción y la manufactura, y el otro al comercio de maquinaria y equipo agropecuario, forestal y para la pesca. Por el mismo criterio le siguen en tamaño cuatro negocios con hasta 30 empleados, los cuales tienen como actividad la compra-venta al mayoreo de abarrotos, cemento, tabique y grava; fertilizantes, plaguicidas y semillas para siembra y maquinaria y equipo agropecuario, forestal y para la pesca. El resto de los establecimientos tienen menos de 11 personas empleadas.



Las escuelas establecidas son: escuelas primarias Amado Nervo, Aquiles Serdán, Leona Vicario, Romeo Abelardo Rodríguez Espinoza, el Jardín de Niños Luis Donaldo Colosio, el Centro Educativo Infantil Chiapas (prescolar) y el COBACH 145. Las viviendas identificadas en mayor peligro ascienden a 2,334, y una población de 9,643 personas.

### **Indicadores de vulnerabilidad física y social en zonas de probables flujos**

En esta superficie se encuentran 923 manzanas distribuidas 593 en la zona oriente y 330 en la zona poniente de la ciudad. La población asciende a poco más 95,000 personas concentrándose principalmente en la zona oriente con 59,222 habitantes, mientras que la zona poniente alberga a 36,310 personas, residiendo en 24,482 hogares de ambas zonas.

Del total de la población en esta área, 52% son mujeres y 48% hombres. La población que por su edad se considera con mayor vulnerabilidad, corresponde a menores de hasta 14 años de edad en una proporción de 31% y mayores de 64 años en 3.4%.

Las viviendas se caracterizan por disponer en 91% piso diferente a tierra, además más del 93% tiene televisión, 82% refrigerador, 53% lavadora y 18% computadora.

La población residente de esta área tiene con mayor predominio grados de marginación medio y alto y en menor medida grados bajo y muy alto.

Dada la amplitud de la zona los negocios establecidos ascienden a 440 y se ubican pequeños establecimientos de comercios y servicios como panaderías, tortillerías, tiendas de abarrotes, farmacias, imprentas, herrerías-balconeras, carpinterías, purificadoras y embotellado de agua, venta de

materiales de construcción, confección de prendas de vestir, los cuales tienen menos de 6 personas empleadas.

Por otra parte los establecimientos más grandes tienen más de 10 y hasta 250 personas en servicio, con giros de actividad de comercio al mayoreo de lácteos, botanas y frituras, abarrotes, electrodomésticos y aparatos de línea blanca, maquinaria y equipo para la construcción y la minería, camiones, materiales metálicos para la construcción y la manufactura, medicamentos veterinarios y alimentos para animales, productos químicos para la industria farmacéutica y uso industrial. Se encuentran de igual forma industrias manufactureras como fabricación de espumas y productos de poliestireno, elaboración de concentrados, polvos, jarabes y esencias de sabor para bebidas, fabricación de otros productos a base de minerales no metálicos, fabricación de estructuras metálicas y de laminados y aglutinados de madera, fabricación de bandas y mangueras de hule y de plástico.

### **6.1.9.3. Conclusión respecto al grado o nivel de riesgo, peligro y/o vulnerabilidad por flujos**

Es importante señalar que entre la zona de flujos y probables flujos existe una diferencia geomorfológica, la cual está dada por su geometría, es decir que la zona de flujos se presenta en laderas bajas con una geometría cóncava, asociadas a un escurrimiento superficial, mientras que en la zona de probables flujos las laderas presentan geometrías de tipo convexas y en muchas ocasiones no se presenta la asociación con los arroyos.

Las colonias identificadas bajo la primera condición son: Los Pájaros, Rivera Cerro Hueco, Paseo del Bosque, Diana Laura y los fraccionamientos Cueva del Jaguar y Lomas de Oriente

(de estas dos últimos fraccionamientos se presenta un análisis de caso).

### 6.1.10. Resultados del análisis morfométrico

#### 6.1.10.1. Pendientes

Con base en la información obtenida del mapa de pendientes escala 1:50,000, se puede decir que en el municipio de Tuxtla Gutiérrez dominan las pendientes clasificadas como ligera a medianamente inclinadas (5-10°) con una extensión de 11,663 ha, lo que representa 34% del total del municipio, en segundo lugar se encuentran las pendientes medianamente inclinadas (10-15°) con una superficie calculada en 4,300 ha, esto significa 12.82% del total del territorio. El tercer puesto lo ocupan los terrenos con una inclinación considerada como ligera (3-5°), con un área ocupada estimada en 3,764 ha, lo que se traduce en 11.22% de la poligonal municipal. Por último los terrenos considerados de alta pendiente (>20°) representan solamente 9.4 ha, es decir, menos de uno por ciento tiene alto poder erosivo (ver Figura 91).

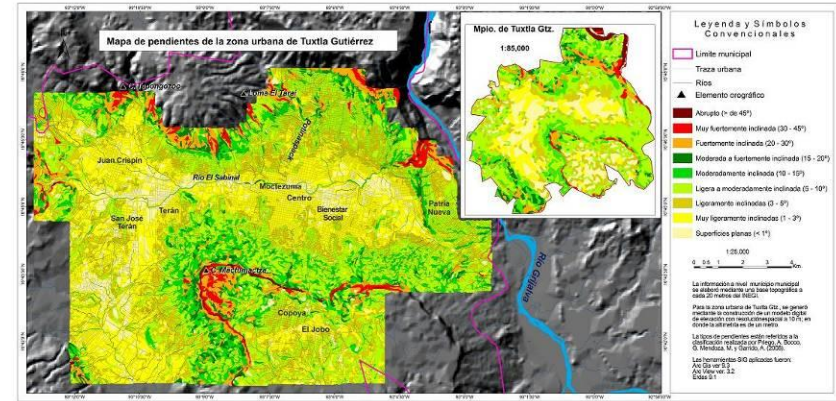


Figura 91. Mapa de pendientes de la zona urbana de Tuxtla Gutiérrez.

Resumiendo, El municipio de Tuxtla Gutiérrez tiene un relieve dominado por terrenos de poca pendiente, lo que favorece a la presencia de ambientes acumulativos o también conocidos como pedogenéticos, ideales para la formación de suelo.

#### 6.1.11. Hundimientos

Los hundimientos que tienen lugar en la zona de estudio están asociados a otros fenómenos geológicos y edáficos como son la contracción y expansión de materiales arcillosos debido al cambio de humedad, la cual se acentúa por la presencia de inundaciones y el mal drenaje de estos suelos. Este tipo de fenómenos representan un mayor peligro en el lecho mayor de inundación del río Sabinal, así como en las partes bajas del piedemonte, en donde resaltan atributos del relieve de baja magnitud como pendientes bajas (< a 3°) y una alta densidad de escurrimientos (4,780 – 11,124 m/km²). Es importante señalar que en las zonas antes mencionadas, el desarrollo urbano y la presencia de grandes construcciones pueden influir en la generación de nuevos hundimientos.

### 6.1.11.1. Indicadores de vulnerabilidad física y social en zonas de hundimientos

El área identificada vulnerable por hundimientos abarca parcial o totalmente 1,260 manzanas distribuidas en las cuatro zonas en la ciudad (ver Figura 92). Las características sociodemográficas y económicas de sus habitantes son las siguientes y se sintetizan en el Cuadro 19:

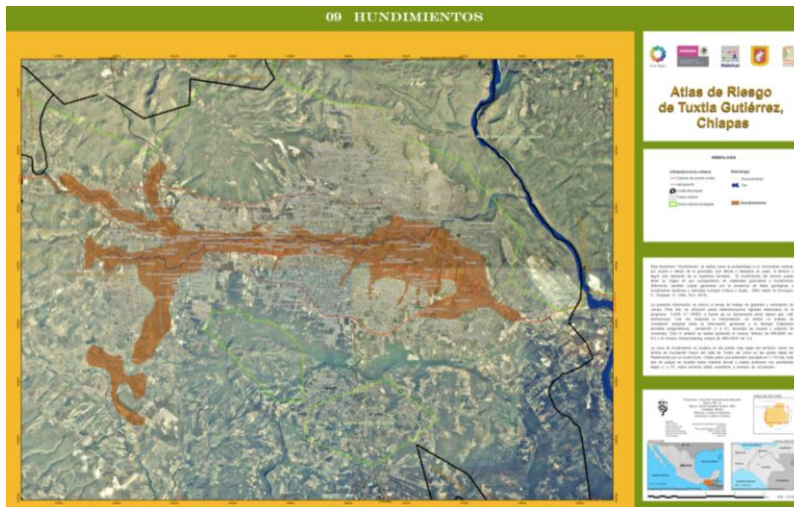


Figura 92. Mapa de hundimientos en Tuxtla Gutiérrez.

#### Zona Norte-Oriente

La población identificada en 460 manzanas es de 39,301 personas, de las cuales 53% son mujeres y 47% hombres. Por otra parte, la población que por su edad se considera vulnerable es un 25.2% menor a 15 años de edad y 5% es mayor a 64 años.

De las 9,886 viviendas ubicadas, 98% disponen de piso firme, madera, mosaico u otro material y 2% tienen piso de tierra. El equipamiento de bienes domésticos está representado por 96.8% de las viviendas con televisión, 91.8% con refrigerador, 68.8% con lavadora y 37% con computadora.

Según estimaciones del Conapo, en el año 2005 esta zona se caracterizó por grados de marginación bajo y muy bajo y algunas manzanas con grado alto.

El Censo Económico 2009, reporta 198 establecimientos económicos en esta área, concentrándose en los barrios y colonias Centro, San Jacinto, Hidalgo, Periodistas, 24 de Junio, Infonavit Grijalva, La Pimienta, Patria Nueva, El Brasilito, El Vergel, Electricistas Palmas, Buenaventura, Las Palmas, Las Torres, Paso Limón, Santos, Parque Madero y Santo Domingo.

En el área predominan los negocios de comercio al mayoreo y menudeo de abarrotes; papelería; materiales de construcción; medicamentos veterinarios y alimentos para animales; mobiliario, equipo e instrumental médico y de laboratorio; mobiliario, equipo, y accesorios de cómputo; partes y refacciones nuevas para automóviles, camionetas y camiones; productos farmacéuticos; fabricación de productos de herrería y muebles de madera, elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal, impresión de formas continuas y otros impresos, hoteles, y purificación y embotellado de agua.

En la zona se identifican dos grandes establecimientos, los cuales emplean a más de 51 personas, destacando un negocio de fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes para vehículos automotores ubicado en la 15 Oriente; y otro de purificación y embotellado de agua establecido en la 20 Oriente Norte.

Las escuelas establecidas en la zona son:

Nivel preescolar: Leona Vicario, Estefanía Castañeda, Ignacio Allende, Samuel León Brindis, Centro Educativo Kayumna, Centro de Desarrollo Infantil Los Ángeles, Enrique Esquinca Méndez y Celestín Freinet.

Nivel primaria: Juan Escutia, Camilo Pintado, Francisco I Madero, Ángel Albino Corzo, Club de Leones, 14 de Septiembre, Naciones Unidas y Lázaro Cárdenas.

Nivel secundaria: Joaquín Miguel Gutiérrez, Secundaria Técnica N° 2, Secundaria Técnica N° 71 y Plaza comunitaria de Educación para adultos.

Nivel medio superior y superior: CETIS 138, Preparatoria N° 1, Colegio de Bachilleres Plantel 33, Incubadora Social del ITESM, Universidad San Marcos, Instituto de Estudios Superiores de Chiapas y el Instituto Chiapaneco de Estudios de Postgrado en Psicoterapia.

Se identifican también el CEBECH Belisario Domínguez, el Colegio Chiapas, la Universidad Pablo Guardado Chávez y el Colegio Laureles que combinan diversos niveles de educación.

Se estima una población de 33,344 personas y 8,756 viviendas en el área sujeta a mayor propensión de hundimientos.

### Zona Norte-Poniente

Son 299 manzanas incluidas en alguna proporción en el área, que concentran a 28,115 personas siendo cerca de 53% mujeres y 47% hombres. La población menor a 15 años es de

23%, mientras que los mayores de 64 años participan en la estructura de la población con 6.4%.

Se identifican 7,488 viviendas, de las cuales 98.5% tienen piso firme y otros materiales. En cuanto a la posesión de bienes domésticos se contó que 96.6% de las viviendas disponen televisión, 91.4% refrigerador, 66.7% lavadora y 39.2% tienen computadora.

El estudio del Conapo sobre marginación urbana de la población, refleja que predominan los grados bajo y muy bajo de marginación.

Por lo que respecta a la estructura productiva, esta se conforma de 147 negocios de confección de ropa, joyerías, tortillerías, impresoras de formas continuas y otros impresos, hoteles. También se encuentran comercios al por mayor de carnes rojas, así como de equipo y material eléctrico y maquinaria y equipo en general y predominan en Bonampak, el Centro, Barrio Colón, Barrio Juy-Juy, Niño de Atocha, Guadalupe, Covadonga, Colonia Laureles y Fraccionamiento Arboledas, Moctezuma, Laguitos, Francisco Sabinal y Plan de Ayala.

De los negocios de mayor tamaño, sobresale una comercializadora de cerveza que tiene más 250 personas empleadas; así también una de 100 y hasta 250 personas empleadas de comercio al mayoreo de lácteos y derivados ambas ubicadas sobre la 5ª Norte Poniente; asimismo, con este mismo rango de trabajadores se encuentra una planta de purificación y embotellado de agua sobre la carretera a Chicoasén.

Los centros educativos instalados en esta zona son: jardines de niños Miguel Hidalgo y Costilla, Emilio Moguel, Fovissste Tuxtla II, Fidelina Rincón y María Montessori; primarias

Restauración de La República, Profesor Raúl Isidro Burgos, Prof. Luis Álvarez Barret, Colegio Integral Gandhi, Gustavo Díaz Ordaz y Felipe Carrillo Puerto; escuela secundaria Técnica N° 65 e Instituto Fray Víctor María Flores; Preparatorias N° 2 y N° 4 y el Colegio Español, así como la Universidad Linda Vista Campus Tuxtla y el Instituto Nacional de Estudios Fiscales.

En el área con mayor posibilidad de hundimientos se encuentra una población estimada de 18,729 personas y 5,153 viviendas.

### Sur-Oriente

En el sur oriente habitan 31,317 personas en 322 manzanas en el área propensa a hundimientos. De la población en esta zona, 53% son mujeres y 47% hombres; los menores de 15 años ascienden a 27.2% y mayores de 64 años a 5.0%, considerados por su edad más vulnerables.

De las 8,022 viviendas construidas en esta área, 95% tienen piso firme y otros materiales. Las viviendas disponen de los siguientes bienes domésticos: televisión 97%, refrigerador 91%, lavadora 64% y computadora 29%. La población en esta zona se caracteriza por registrar marginación en grado bajo y medio.

Son 93 los establecimientos económicos en esta área de riesgo en las colonias Tzocotumbak, Centro, Bienestar Social, Magisterial, Castillo Tielmans, Los Choferes, La Misión, Los Pájaros, Rivera Cerro Hueco, Santa Cecilia, Santa Cruz y fraccionamiento San Roque; que se dedican al comercio al mayoreo de mobiliario, equipo e instrumental médico y de laboratorio; maquinaria y equipo agropecuario, forestal y para la pesca; de desechos metálicos, papel y de cartón; de medicamentos veterinarios y alimentos para animales;

cemento, tabique y grava; carnes rojas. Así también se encuentran tortillerías, herrerías, fabricación de molduras, hoteles y moteles, pastelerías, purificadoras de agua y elaboración de hielo.

Dos de los mayores establecimientos se ubican sobre el Libramiento Sur, uno de ellos se dedica al beneficio del café y el otro al comercio al mayoreo de dulces y materias primas para repostería.

Se ubican las escuelas de preescolar Carlos Chávez, El Retiro y Prof. José María de la Cruz Sibaja. Las primarias Josefa Ortiz de Domínguez, UNESCO y Profesor Eliseo Palacios. La telesecundaria Jaime Sabines Gutiérrez y del nivel medio superior y superior el Colegio La Salle, Escuela Preparatoria N° 5, Instituto Hispano Jaime Sabines, Centro de Estudios Profesionales del Grijalva y el Instituto de Formación Policial.

Las viviendas consideradas con mayor exposición a hundimientos ascienden a 5,743 donde reside una población estimada de 22,235 personas.

### Sur-Poniente

Se identifican 179 manzanas con una población de 24,708 habitantes, en una proporción de 51.5% mujeres y 48.5% hombres. La población vulnerable es de 30% menor a 15 años y poco más de 4% tiene 65 y más años.

Las viviendas construidas en la zona ascienden a 6,084, de las cuales 92% tienen piso distinto a tierra. En cuanto al equipamiento de bienes domésticos 94% de las viviendas tiene televisión, 84% refrigerador, 57% lavadora y 26% computadora. La mayoría de las colonias registran grado de marginación medio, seguido de otras con grados alto y muy bajo.

Cuadro 19. Indicadores de vulnerabilidad física y social en zonas de hundimientos.

El mayor establecimiento es el frigorífico de la colonia Terán, donde laboran de 51 a 100 personas. También destacan por el número de empleados un establecimiento de purificación y embotellado de agua situado en Terán sobre la 3ª Norte Poniente.

Los 111 negocios de esta zona se ubican en las colonias y fraccionamientos Terán, San José Terán, Los Laureles, Los Mangos, Ampliación Sur de Plan de Ayala, Fraccionamiento La Herradura, La Gloria, Arboledas y El Campanario, con los siguientes giros de actividad: comercio al mayoreo de abarrotes, maquinaria y material para construcción, equipo y material eléctrico, medicamentos veterinarios, aves y huevo; confección de ropa, fabricación de muebles, purificadoras de agua, productos de herrería, así como tortillerías, pastelerías y joyerías.

Se identifican las siguientes instituciones educativas: jardines de niños Profesor Alberto Garzón González Nicolás Bravo, y Herlinda N. de Grajales; escuelas primarias Niños Héroe, Enrique Rodríguez Cano, Josefa Ortiz de Domínguez y Comunitaria CONAFE Niños Héroe; Escuela secundaria Ricardo Flores Magón, así como la Escuela de Enfermería del Estado, La Escuela Bancaria y Comercial y el Colegio Cocinarte, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Colegio Paulo Friere e Instituto Amadeus Mozart.

En el área mayormente expuesta a hundimientos se ubican 3,200 viviendas donde habitan 12,792 personas.

Zonas	Área de influencia de hundimientos					Área de peligro		
	Número de manzanas	Número de viviendas	Personas			Grado de marginación predominante	Número de viviendas	Personas
			Total	Hombre	Mujer			
Total	1260	31480	123441	58366	65075	Bajo-medio	22852	87100
Norte-Oriente	460	9886	39301	18537	20764	Bajo-muy bajo	8756	33344
Norte-Poniente	299	7488	28115	13102	15013	Bajo-muy bajo	5153	18729
Sur-Oriente	322	8022	31317	14743	16574	Bajo-medio	5743	22235
Sur-Poniente	179	6084	24708	11984	12724	Medio-alto	3200	12792

Fuente: Estimaciones propias con datos del INEGI. II Censo de Población y Vivienda 2005. Base de datos a nivel registro. CONAPO 2006, Índice de Marginación Urbana 2005. Base de datos.

### 6.1.12. Erosión

El fenómeno de erosión que se presenta en la zona de estudio consiste en la destrucción de las rocas por procesos fluviales (Lugo, 1989); es decir, las escorrentías o arroyos que bajan de las partes altas de las montañas son el agente modelador del relieve que da origen a la formación de una red de barrancos, los cuales presentan formas alargadas y angostas.

Cabe señalar que los barrancos localizados al norte y norte poniente de la ciudad en donde se localizan las colonias: Poma Rosa, Laguitos, Potinaspak, Jardines del Norte, Las Granjas, Atenas, Chapultepec, entre otras, describen dos tipos de red hidrográfica: a) radial y b) paralela. Con base a estos argumentos se piensa que la dirección de los arroyos está regida por el rumbo que manifiestan las diferentes fracturas geológicas presentes en la zona.

Por lo que respecta a los barrancos ubicados al sur – poniente y sur oriente de Tuxtla Gutiérrez, se concluye que los barrancos presentan una forma dendrítica, por lo que existe una mayor comunicación entre las diferentes cuencas que integran la red.

Por último, el grado de peligrosidad en ambos casos es alto; sin embargo, cabe destacar que los barrancos localizados al Norte y Norte–Poniente presentan un mayor poder erosivo, ya que la mayoría de las escorrentías tienen una jerarquía menor al tercer orden de corriente (ambiente netamente erosivo), con pendientes superiores a los 20° y una disección vertical alta (112–167 m/Kkm<sup>2</sup>), situación que los hace tener la capacidad de transportar bloques y derrubios de tamaño considerable en tiempo de lluvias, los cuales son depositados en las partes bajas de la montaña en donde se localizan arterias viales de primer orden como es el bulevar Los Laguitos.

En la figura 93 se muestra la erosión hídrica existente en el municipio de Tuxtla Gutiérrez.



Figura 93. Mapa de erosión hídrica en Tuxtla Gutiérrez.

#### 6.1.12.1. Caracterización socio-demográfica del área de riesgo por erosión hídrica

Esta área del municipio se integra por 941 manzanas de la zona metropolitana, ubicándose en las cuatro zonas de la ciudad y sintetizándose en el Cuadro 20:

##### Zona Norte-Oriente

Sus características sociodemográficas de acuerdo a lo publicado por el Censo de Población y Vivienda 2005, refieren una población de 24,310 personas, las cuales radican en 5,343 viviendas distribuidas en 287 manzanas. Poco más del 51% de los habitantes de la zona son mujeres y cerca del 49% hombres. Por otra parte, 34% de la población es menor a

15 años de edad y 2.9% es mayor a 64 años. De las viviendas que se ubican en esta área, 83.8% disponen de piso firme, madera, mosaico u otro material y 16.2% tienen piso de tierra. En cuanto al equipamiento de bienes domésticos, 92.4% de las viviendas tiene televisión, 76.0% refrigerador, 45.7% lavadora y 10.6% computadora.

Según el Conapo, en el año 2005 esta zona registraba predominante un grado de marginación muy alto en primer término, seguido de otras manzanas con marginación alta y baja.

Se ubican 44 negocios, en las colonias Albania Baja, Arroyo Blanco, fraccionamientos Bosque del Parque, Insurgentes, Las Granjas, entre otras. Uno de los mayores establecimientos es de comercio de aceros y laminados y otros materiales para la construcción, tiene más de 250 trabajadores y se encuentra en la colonia Satélite. Le sigue en orden de importancia por la cantidad de empleados que reporta, otro negocio de comercio al mayoreo de abarrotes con más de 51 y hasta 100 personas ocupadas, ubicado en la colonia Las Delicias.

Se encuentran cuatro jardines de niños, los cuales son: Jaime Sabines Gutiérrez, Gloria Niurulú, Tepochcalli y Sor Juana Inés de la Cruz. Las escuelas primarias son: Ignacio Allende, Cavo Rotaria y Héroes de Chapultepec. También se encuentran la Telesecundaria Belisario Domínguez y la Escuela Normal del Estado.

Se encuentran con mayor vulnerabilidad y exposición al peligro una población de 17,375 personas en 3,813 viviendas.

## Zona Norte-Poniente

En el norte poniente el área en peligro por erosión hídrica abarca 330 manzanas con 29,913 residentes, siendo 52% mujeres y 48% hombres y una población vulnerable por edad menor de 15 años de 31% y mayor de 64 años de 3.4%.

De las 6,841 viviendas, 88.1% tienen piso firme y materiales diferentes a tierra. Las viviendas disponen de los siguientes bienes domésticos: televisión 94.1%, refrigerador 83.2%, lavadora 57% y computadora 24.1%.

En esta zona predominan grados de marginación muy alto y medio, aunque también se encuentran manzanas con grado bajo y muy bajo.

De acuerdo a lo reportado por el Censo Económico 2009, se cuenta con 73 establecimientos económicos, ubicados principalmente en: Barrio Niño de Atocha, Adoná, Infonavit, San José Chapultepec Fraccionamiento Ladera de la Loma, Las Granjas, Linda Vista Shanka y Paraíso, con giros de actividad predominante en comercio al por mayor de materiales para construcción, artículos de papelería, ropa, maquinaria y equipo, carnes rojas, abarrotes y miel y medicamentos veterinarios y alimentos para animales. También se encuentran herrerías, panaderías, tortillerías, carpinterías y confección de ropa.

Por el tamaño del negocio sobresalen dos empresas, una de ellas de comercio al por mayor de sistemas para purificar el agua y la otra de impresión de libros, periódicos y revistas que tienen un rango de personal empleado de 11 a 30 personas ambas ubicadas en el Barrio Niño de Atocha. El resto de los establecimientos emplean a menos de 11 personas.



Cabe destacar que dentro de esta zona se identifican las siguientes instituciones educativas: jardines de niños y niñas Rufino Tamayo, Josefa Ortiz de Domínguez, Fernando Montes de Oca y Laurencio Filho. Las primarias Jorge Tovilla Torres, Manuel Aguilar Juárez, Fernando Castañón Gamboa, Emiliano Zapata y Centro Educativo Libertad; las secundarias Ignacio Ramírez Calzada y del Estado N° 3 y una escuela de nivel medio superior del Instituto de Administración Pública.

La población identificada con mayor riesgo asciende aproximadamente a 18,054 personas en 4,362 viviendas.

**Sur-Oriente**

En el sur oriente en esta área hay 153 manzanas con 23,258 residentes, siendo 52% mujeres y 48% hombres y una población vulnerable por edad menor de 15 años de 29.8% y mayor de 64 años de 4%.

Las viviendas ascienden a 5,429 de las cuales 93.8% tienen piso firme y materiales distintos a tierra. Las viviendas disponen de los siguientes bienes domésticos: televisión 94.9%, refrigerador 82.2%, lavadora 50.5% y computadora 18.4%. En esta zona predominan grados de marginación medio y bajo.

Cuadro 20. Caracterización sociodemográfica del área de riesgos por erosión hídrica

Zonas	Área de influencia por erosión hídrica					Área de peligro		
	Número de Manzanas	Número de Viviendas	Personas			Grado de marginación predominante	Número de Viviendas	Personas
			Total	Hombre	Mujer			
<b>Total</b>	<b>941</b>	<b>26965</b>	<b>115557</b>	<b>55450</b>	<b>60107</b>	<b>Muy alto-alto</b>	<b>11494</b>	<b>48807</b>
Norte-Oriente	287	5343	24310	11874	12436	Muy alto-alto	3813	17375
Norte-Poniente	330	7297	29913	14371	15542	Muy alto-medio	4362	18054
Sur-Oriente	153	5429	23258	11174	12084	Medio-bajo	1523	6159
Sur-Poniente	171	8896	38076	18031	20045	Baio-alto	1796	7219

Fuente: Estimaciones propias con datos del INEGI. II Censo de Población y Vivienda 2005. Base de datos a nivel registro. CONAPO 2006, índice de Marginación Urbana 2005. Base de datos

Se ubican 56 negocios en las colonias Rivera Cerro Hueco, Barrio San Francisco, San Roque, Centro, La Caminera, Francisco I. Madero, San Juan Sabinito, Santa Cecilia, Maldonado y Santa Cruz, predominando las tortillerías, herrerías-balconeras carpinterías, panaderías y comercio de abarrotes. También se encuentran hoteles, imprentas, purificadoras de agua, revitalizadoras de llantas y un comercio al por mayor de vidrios y espejos. Este último ubicado en La Caminera, se identifica como el mayor de los establecimientos en la zona con hasta 100 personas empleadas.

Las escuelas de preescolar en la zona son: Benito Juárez García, Prof. José María de la Cruz Sibaja y Prudencio Moscoso Pastrana, entre otras. También se identifican las primarias Justo Sierra Méndez y Emiliano Zapata y la Telesecundaria Jaime Sabines Gutiérrez. Además se ubica el Instituto Hispano Jaime Sabines que integra diversos niveles de educación.

La población con mayor exposición al peligro asciende aproximadamente a 6,159 personas en 1,523 viviendas.

## Sur-Poniente

Se identifican 171 manzanas con 38,076 habitantes, con una proporción de 53% mujeres y 47% hombres. La población vulnerable por la edad es de 30.5% menor a 15 años y 3.3% tiene 65 y más años.

Se encuentran 8,896 viviendas construidas en la zona, de las cuales 88% tienen piso distinto a tierra. En cuanto a la disposición de bienes domésticos en 94.1% de las viviendas tienen televisión, 79.9% refrigerador, 48.1% lavadora y 16.2% computadora. Los grados de marginación predominantes al año 2005 fueron bajo en unas manzanas y alto en otras.

Se encuentran 63 negocios, predominando en las colonias Terán, Xamaipak, Popular, San Francisco, Romeo Rincón, Penipak, fraccionamiento El Diamante, fraccionamiento Bugambilias, Centro y Calvarium. En su mayoría son negocios de comercio diverso al mayoreo y menudeo, así como herrerías, carpinterías, purificadoras de agua, hoteles, impresión de formas continuas y otros impresos, entre otros. Destaca como el mayor de los establecimientos en la zona uno de comercio al por mayor de leche y otros productos lácteos, ubicado en la colonia Potrero Mirador.

La zona tiene con mayor población en riesgo a 7,219 personas en 1,796 viviendas.

Cabe destacar que dentro de esta zona se identifican las siguientes instituciones educativas: jardines de niños y niñas Josefa Ortiz de Domínguez, Fernando Montes de Oca y Laurencio Filho. Las primarias Jorge Tovilla Torres, Manuel Aguilar Juárez, Fernando Castañón Gamboa, Emiliano Zapata y Centro Educativo Libertad; la secundaria Ignacio Ramírez Calzada y una escuela de nivel medio superior del Instituto de Administración Pública.

La población identificada con mayor riesgo asciende aproximadamente a 17,309 personas en 4,420 hogares y 4,214 viviendas.

### 6.1.12.2. Erosión eólica

Con relación a este tipo de peligro, vulnerabilidad y riesgo no existen evidencias en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, por lo tanto no se aborda en el presente documento.

### 6.1.12.3. Erosión marina

Este tipo de peligro, vulnerabilidad y riesgo no se presenta en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, por lo tanto no se aborda en el presente documento.

### 6.1.12.4. Erosión kárstica

Según Lugo (1989), la erosión kárstica es un conjunto de fenómenos relacionados con la actividad del agua superficial y subterránea que se expresan con la formación de cavidades a causa de la disolución de las rocas. Las cavidades son de formas y tamaños diversos. Para que se desarrolle el karst es necesaria una superficie plana o débilmente inclinada, un espesor de rocas capases de desarrollar la formación del karst y un nivel bajo de las aguas subterráneas.

Para la obtención de las zonas con erosión kárstica se interpretaron de manera estereoscópica las ortofotos y el modelo digital de elevación a través de la aplicación del módulo *stereo pair* de ILWIS OPEN versión 3.7. Como segundo paso se procedió a la exportación de información a formato shape para Arc View ver 3.2. Por último, se realizó un análisis de correlación con rocas calizas a través de la aplicación Geoprocessing wizard.

Las zonas en donde se manifiesta un peligro por erosión kárstica se localizan en el norte, sur y sur oeste de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, en donde la disolución de las rocas carbonatadas por el agua generan geformas negativas como las dolinas y úvalas. Por la densidad y profundidad de estas, las zonas antes mencionadas son consideradas de mayor peligro (Figura 94).

Este fenómeno también es conocido como hundimiento kárstico, ya que cabe la posibilidad que un terreno localizado sobre rocas calizas o dolomías presente un repentino hundimiento, debido al colapso de cuevas. A manera de conclusión, se puede decir que las zonas de mayor riesgo por este fenómeno se localizan en la zona comprendida por Copoya y El Jobo.

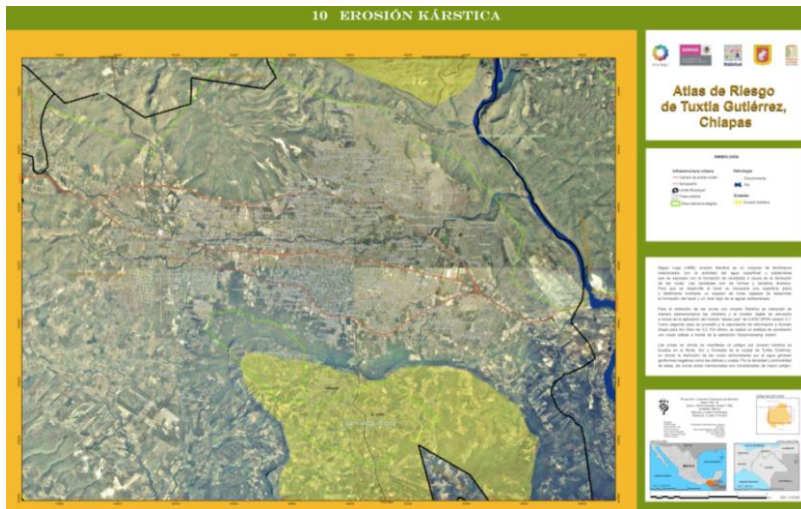


Figura 94. Erosión kárstica en Tuxtla Gutiérrez.

### 6.1.12.5. Síntesis de peligros geológicos

Como se ha anotado en los apartados anteriores, se puede apreciar que el municipio, pero sobre todo la ciudad de Tuxtla Gutiérrez se encuentra en una situación vulnerable por la asociación de riesgos en determinadas zonas (laderas del Mactumatzá), zona norte oriente (aledaña y en el Parque Nacional Cañón del Sumidero). En la zona Sur confluyen los fenómenos de tipo geológico como derrumbes, deslizamientos, fracturas, erosión kárstica y erosión hídrica (Figura 95). Lo anterior debido a la concentración de población, vivienda, equipamiento e infraestructura.

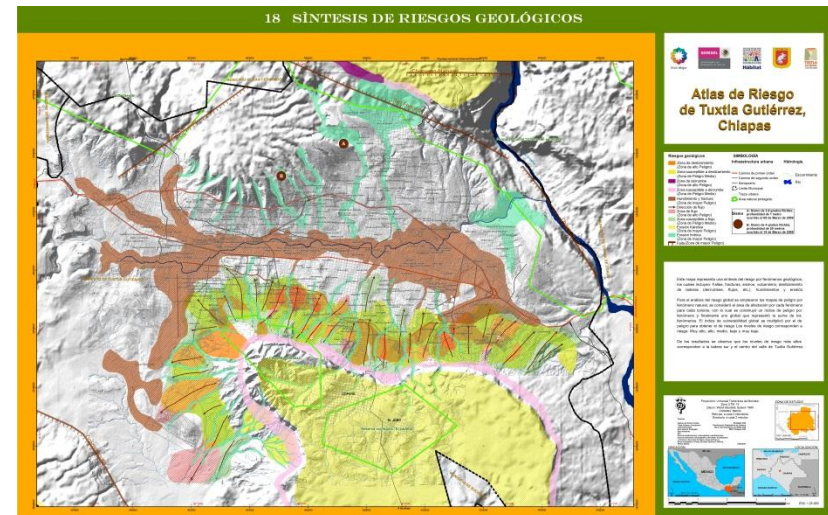


Figura 95. Síntesis de peligros geológicos.

En la Figura 95 se puede apreciar esta asociación de peligros geológicos, la cual es necesario contrastar con relación a la propuesta de la carta urbana de Tuxtla Gutiérrez 2007-2020 y sus propuestas de uso de suelo habitacional y densidades constructivas permisibles.

Lo anterior, para extremar las precauciones, aplicar estrictamente la Ley de Fraccionamientos e incluso proponiendo la adecuación del reglamento de construcciones y elaboración de normas técnicas. Por otra parte, la legislación nacional en materia de construcciones sismoresistentes no contiene el margen mínimo de falla (en metros) para la construcción; en tanto, la Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-93 pondera 60 m al margen de falla para la implantación de sitios destinados a la disposición de residuos sólidos municipales.

En este sentido el Programa de Ordenamiento de la Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez (que se refiere a la conurbación de la capital del estado con las ciudades de Chiapa de Corzo y Berriozábal), propone la inversión y desarrollo en las regiones II) Valles-Zoque, III) Mezcalapa, IV) De Los Llanos que antes conformaban la región Centro, para efectos de equilibrar el proceso de desarrollo regional y rural, con el urbano y evitar la concentración de población, equipamiento e infraestructura en la capital del estado y con ello reducir la vulnerabilidad y los riesgos por fenómenos naturales.

Es imperante la instrumentación de la ladera sur, para así determinar qué condiciones de crecimiento real permite y las medidas de mitigación de los distintos fenómenos de remoción en masas (Deslizamientos, flujos, caídas de roca, erosión, etc.), adicionalmente es sumamente importante que se busque como manejar los escurrimientos pluviales en los distintos fraccionamientos y no sólo trasladar el problema a los que se ubican aguas abajo.

Los peligros geomorfológicos de remoción de masas actúan de manera compleja en muchos de los casos y deben atacarse en conjunto, ya que el catalizador generalmente es el

agua, la deforestación y el cambio de uso de la ladera, factores que le introducen demandas que en muchos de los casos han generado problemas sociales muy importantes como la Cueva del Jaguar y Lomas del Oriente.

## 6.2. Fenómenos hidrometeorológicos

Estos fenómenos son aquellos eventos atmosféricos que por su elevado potencial energético, frecuencia, intensidad y aleatoriedad representan una amenaza para el ser humano y el medio ambiente (Srtahler, 2005).

En México “...los riesgos meteorológicos son abundantes y frecuentes, debidos a su ubicación geográfica, situado en una zona de convergencia de eventos atmosféricos de diversa naturaleza, como son las tormentas tropicales, los huracanes, las ondas del Este, los procesos monzónicos, las masa de aire frío y caliente, sequías, las corrientes en chorro, efectos del sistema atmosférico El Niño, entre otros. Además se generan otros como temperaturas máximas, vientos potencialmente fuertes, etcétera [...] Un lugar de especial importancia dentro de estos fenómenos lo ocupan las inundaciones. Éstas suponen uno de los fenómenos naturales de mayor importancia, produciendo elevadas pérdidas humanas y de miles de millones de pesos en daños a infraestructura y vivienda [.....]” (CNA, 2001).

Es importante señalar que se considera como inundación, al flujo o a la invasión de agua por exceso de escurrimientos superficiales o por la acumulación de éstos en terrenos planos, ocasionada por la falta o insuficiencia de drenaje pluvial, tanto natural como artificial (Baró *et al.*, 2007).

En general, la magnitud de una inundación, provocada por eventos de origen hidrometeorológico, depende de la intensidad de la lluvia, de su distribución en el espacio y tiempo, del tamaño de las cuencas hidrológicas afectadas, así como de las características del suelo y del drenaje natural y artificial de las cuencas (Bremer y Lara, 2001).

Para el análisis de los fenómenos hidrometeorológicos se utilizaron 11 estaciones climatológicas, cuyos datos fueron obtenidos a través del Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC), el cual cuenta con la información contenida en la base de datos CLICOM del banco de datos histórico nacional del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (Conagua). La ubicación geográfica de cada una de las estaciones empleadas se muestra en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Datos de localización de las estaciones climatológicas utilizados como referencia para el estudio.

Clave	Estación	Lugar	Ubicación geográfica		
			Longitud	Latitud	Altura
7176	Vivero CFE	Tuxtla Gtz	-92.736	15.061	1710
7050	El Progreso	Ocozocoautla	-93.309	17.046	170
7202	Tuxtla DGE	Tuxtla Gtz	-93.147	16.763	530
7103	Las Limas	Ocozocoautla	-93.417	16.55	800
7134	Puente Colgante	Chiapa de Corzo	-93.031	16.741	418
7039	El Boquerón	Suchiapa	-93.157	16.644	480
7392	ZooMAT	Tuxtla Gtz	-93.015	16.723	
7238	El Sabinal	Tuxtla Gtz	-93.098	16.759	498
7319	San Fernando	San Fernando	-93.227	16.873	900
7363	La Selva	Ocozocoautla	-93.475	17.008	588
7372	Berriozábal	Berriozábal	-93.27	16.797	890

A continuación se presenta la clasificación de niveles de estudio requeridos para llevar a cabo la definición de la cartografía mínima requerida relacionada con la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos (Sedesol, 2009).

## 6.2.1. Sistemas Tropicales

### 6.2.1.1. Huracanes

Haciendo una descripción muy sencilla, un huracán es un viento muy fuerte que se origina en el mar, que gira en forma de remolino acarreado humedad en enormes cantidades, y que al tocar áreas pobladas, generalmente causa daños importantes o incluso desastres (Cenapred, 2006). Al fenómeno se le conoce con varios nombres además del de huracán: ciclón en la zona de Centroamérica; Tifón en el Océano Pacífico y Baguío en el archipiélago filipino.

De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgo editado por la Dirección General de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación, un huracán tiene durante su desarrollo tres etapas principales (Cuadro 22).

Cuadro 22. Etapas de desarrollo de un huracán.

Nombre de la etapa	Velocidad del viento (km/h)
Depresión Tropical	< o igual a 63
Tormenta Tropical	Entre 63 y 118
Huracán	119 o más

La temporada de huracanes da principio cuando el ecuador climático se mueve en dirección de los polos, llevando consigo altas temperaturas que calientan el aire y el agua del mar, dando lugar al surgimiento de una zona de baja presión. Esto ocurre generalmente entre los meses de mayo y noviembre.

A los sitios en donde se generan los huracanes se les conoce como “zonas ciclónicas” y existen ocho en el planeta: zona I, Atlántico Norte (afecta a la costa del Golfo de México); zona II, Océano Pacífico Nor-oriental (afecta la costa del Pacífico

mexicano); zona III, Océano Pacífico Occidental (afecta a China, Japón y Filipinas); zona IV, Golfo de Bengala (afecta a Bangladesh, la India y el Mar de Arabia); zona V, Mar de Arabia (rotan en sentido contrario); zona VI, noreste de Australia y sur de Polinesia (afecta a Indonesia y Australia); zona VII suroeste del Océano Índico y noroeste de Australia (afecta a Australia, Sumatra y Java); zona VIII, suroeste del Océano Índico (afecta a África y Madagascar).

Los Huracanes que afectan el territorio mexicano tienen cuatro regiones matrices o de nacimiento:

La *primera región* se ubica en el Golfo de Tehuantepec y se activa generalmente durante la última semana de mayo. Los huracanes que surgen en esta época tienden a viajar hacia el oeste, alejándose de México; los generados de julio en adelante, describen una parábola paralela a la costa del Pacífico y a veces llegan a penetrar en tierra.

La *segunda región* se localiza en la porción sur del Golfo de México, en la denominada sonda de Campeche. Los huracanes nacidos aquí aparecen a partir de junio con ruta noreste, afectando a Veracruz y Tamaulipas.

La *tercera región* se encuentra en la región oriental del Mar Caribe y sus huracanes aparecen en julio y especialmente entre agosto y octubre. Estos huracanes presentan gran intensidad y largo recorrido; afectan frecuentemente a Yucatán y a La Florida, EE.UU.

La *cuarta región* se encuentra en la región tropical del Atlántico, y se activa principalmente en agosto, estos son huracanes de mayor potencia y recorrido que generalmente se dirigen al oeste, penetrando en el Mar Caribe, Yucatán, Tamaulipas y Veracruz. Los huracanes provenientes del Golfo de Tehuantepec son los que tienen mayor influencia en la

República Mexicana, ya que la proporción media de huracanes y tormentas tropicales con repercusión en el territorio nacional es del orden de 15 a 2 en los océanos Pacífico y Atlántico, respectivamente (CFE, 1988).

La energía cinética de los vientos huracanados ocasiona una gran parte de los daños debido a que su fuerza aumenta en forma geométrica con respecto a su velocidad y así, si la velocidad se duplica, la fuerza se cuadruplica. Con base en la intensidad de los vientos se crearon las escalas de Beaufort y la de Saffir-Simpson. La primera relaciona la velocidad del viento con el oleaje promedio y empieza cuando el viento está en calma, hasta alcanzar la categoría de un huracán. Normalmente es la más usada para medir los efectos del viento, aunque para relacionar la intensidad de los huracanes con el daño potencial que estos pueden ocasionar se utiliza la escala Saffir-Simpson (Anexo 13.4).

El estado de Chiapas se encuentra en la primera región matriz de nacimiento de huracanes, ubicada en el Golfo de Tehuantepec. A pesar de la cercanía a esta zona ciclogénica a nivel mundial, la costa de Chiapas no se considera una zona con alta probabilidad de impacto de ciclones tropicales. Los huracanes en esta zona mantienen trayectorias con un movimiento general hacia el oeste-noroeste o noroeste afectando las costas del occidente de México (Triana, 2005).

Cuando estos ciclones tropicales están muy cerca de las costas de Chiapas, los vientos regularmente son paralelos a la costa, lo que no representa un gran peligro por efecto de lluvias torrenciales al no inducirse el ascenso orográfico, sin embargo sí es posible que haya desprendimientos nubosos con lluvias de importancia, oleaje de fondo y marea de tormenta, que afectan las zonas bajas donde desembocan los ríos de la Costa de Chiapas (Triana, 2005).

Cuando los ciclones tropicales se ubican en el Golfo de México, se pueden presentar condiciones para lluvias torrenciales debido a la circulación de estos sistemas que inducen el desplazamiento al norte de la zona de convergencia intertropical y favorecen un fuerte flujo del sur o suroeste hacia el territorio chiapaneco, de forma perpendicular a la Sierra bajo un efecto característico de ascenso orográfico.

La Conagua reporta que entre 1960 y 2006, tocaron tierra en territorio chiapaneco seis fenómenos hidrometeorológicos. Tres de ellos, Iris, Greta y Orlene, fueron depresiones tropicales con vientos de hasta 55 km/h; Andrés, Olivia y Fifí, presentaron vientos entre los 55 y 93 km/h. Chiapas también ha tenido afectaciones por otros fenómenos hidrometeorológicos, que, aunque no tocaron tierra en el territorio, sí hubo presencia de lluvias debido a ellos.

La Comisión Federal de Electricidad reportó en 1988 que en Chiapas y en sus inmediaciones se presenta, cada diez años, un año de tipo húmedo, con avenidas extraordinarias y lluvias generalizadas en todo el complejo Grijalva-Usumacinta, produciendo inundaciones en muchas partes de la entidad. También se reportó que la frecuencia de dichos acontecimientos coincide con los años de 1955 (Gladys), 1963 (Lilian), 1973 (Heather y Delia), 1984 (Edouard), presentándose en todos estos años perturbaciones atmosféricas producidas por huracanes que se presentan simultáneamente en ambos océanos, pronosticando que para 1993, se presentarían nuevamente avenidas extraordinarias con su respectiva secuela de desastres.

La Conagua reportó que en junio de 1993 Chiapas fue afectado por la tormenta tropical Beatriz, proveniente del Pacífico, tocando tierra el 19 de junio en Pinotepa Nacional, Oaxaca, con vientos de hasta 100 km/h. En octubre del 2003 llega del Atlántico la tormenta tropical Larry, tocando tierra en

la comunidad El Alacrán, Tabasco, con vientos de 95 km/h y una lluvia máxima en 24 horas de 245.5 mm, afectando la capital del estado chiapaneco con severas inundaciones.

No se tiene reporte que el municipio de Tuxtla Gutiérrez haya sido blanco de entrada a tierra de algún huracán (Conagua), pero si ha tenido serias afectaciones por presencia de precipitaciones intensas debido a fenómenos provenientes en su mayoría del Océano Atlántico. La Figura 96, muestra la trayectoria de los huracanes que han afectado al estado de Chiapas.



Figura 96. Trayectoria de huracanes que han afectado la entidad chiapaneca y al municipio de Tuxtla Gutiérrez.

Por lo anterior se considera que el municipio tiene un riesgo bajo, ante este fenómeno hidrometeorológico en particular, sin embargo no ante sus efectos desencadenantes lluvias y ráfagas de viento.

### 6.2.2. Sistemas tropicales. Ondas tropicales

Las ondas tropicales son fenómenos de baja presión atmosférica que se mueven en forma de ondulación u ola dentro del flujo de viento del este y se caracterizan por tener una ocurrencia de 3 a 5 días. Las ondas tropicales de la cuenca atlántica se desarrollan a partir de perturbaciones que derivan fuera del continente africano hacia el Océano Atlántico, son transportadas hacia el oeste por los vientos alisios, que soplan paralelos a los trópicos, y pueden conducir a la formación de ciclones tropicales en las cuencas del Océano Atlántico norte y del Pacífico nororiental.

Según el modelo de Riehl (1954), el eje de la onda tropical se orienta de noreste a suroeste, con la mayor actividad de lluvia posterior al paso del eje de la onda. La nubosidad y la lluvia tienden a ser bastante desorganizada, pero persisten durante su transcurso en el Atlántico y Caribe.

Aproximadamente un total de 100 ondas tropicales se forman durante los meses de mayo a noviembre y aunque varían en intensidad, por más débiles que sean, siempre tienden a aumentar la convección, especialmente si el paso de la onda coincide con las horas de máximo calentamiento. Si una onda tropical se mueve velozmente, puede tener vientos tanto o más intensos que los de una tormenta tropical. Sin embargo, no se le considerará como tal a menos que presente una circulación cerrada.

Debido a la orientación que tienen las ondas tropicales (noroeste- suroeste), el estado de Chiapas es afectado por las ondas tropicales, que en muchas ocasiones se han llegado a convertir en huracanes y han dejado afectaciones por lluvias intensas en el territorio.

La nubosidad y la lluvia de una onda tropical tienden a ser



bastante desorganizadas, la lluvia en la cuenca del río Sabinal varía de intensidad en el espacio y en el tiempo, lloviendo más en algunas zonas de la cuenca que en otras, o con mayor intensidad de una zona a otra, pero esto no implica que existan zonas específicas con mayor o menor riesgo ante este fenómeno, ya que las afectaciones en su mayoría se complican por factores como la distribución de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez y la respuesta de la cuenca del río Sabinal, ocasionando daños colaterales al municipio como es el caso del fenómeno de las inundaciones.

La Figura 97 muestra la distribución en el espacio de las lluvias (inundaciones del 6 octubre del 2003 y 24 y 25 de Junio de 1996), las que han provocado inundaciones recientes más importantes en Tuxtla Gutiérrez.

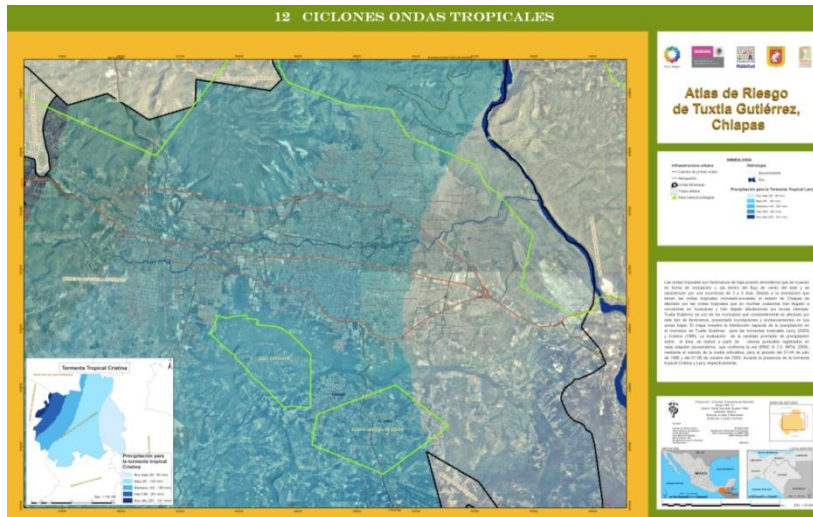


Figura 97. Distribución espacial de lluvias que provocaron inundaciones en Tuxtla Gutiérrez en los años 1996 y 2003.

### 6.2.3. Masas de aire. Nevadas

En lo referente a este riesgo por la ubicación latitudinal del municipio y sus condiciones climáticas, no existe antecedente alguno del mismo, por lo que no se aborda en el presente documento.

### 6.2.4. Masas de aire y frentes. Nevadas

En lo referente a este riesgo por la ubicación latitudinal del municipio y sus condiciones climáticas, no existe antecedente alguno del mismo, por lo que no se aborda en el presente documento.

### 6.2.5. Tormentas eléctricas

A partir de los datos recopilados del ERIC (Extractor Rápido de Información Climatológica), se infiere, que las tormentas eléctricas en Tuxtla Gutiérrez no son consideradas de alto riesgo.

Los meses con mayor presencia de tormentas son junio, julio y agosto con un promedio de cuatro tormentas en el mes. En la Figura 98 se presenta una gráfica con los eventos promedio de tormentas eléctricas mensuales. En la Figura 99 se muestran en un mapa las zonas de ocurrencia de una y de dos tormentas eléctrica en promedio.

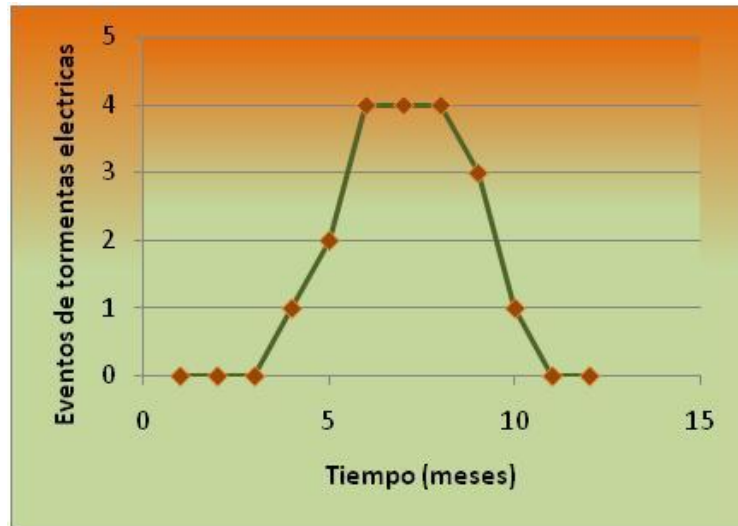


Figura 98. Promedio mensual de tormentas eléctricas en el municipio de Tuxtla Gutiérrez.

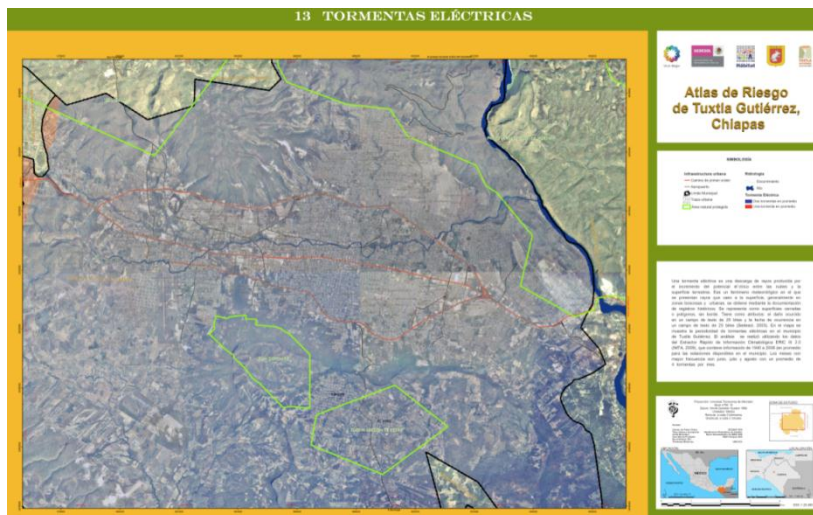


Figura 99. Tormentas eléctricas en Tuxtla Gutiérrez.

### 6.2.6. Sequías

Aunque la cantidad de agua que existe en el planeta es prácticamente constante, el ciclo hidrológico produce variaciones importantes en la disponibilidad del agua. Uno de estos efectos es la disminución temporal de la misma con respecto a las condiciones medias o normales, o bien, con respecto a los requerimientos humanos.

Este déficit es considerado como un periodo de sequía. La sequía aleatoria puede ocurrir en cualquier región del mundo, y es diferente de la sequía crónica, propia de las zonas áridas, de la sequía estacional que es la típica temporada de secas, así como de la sequía intraestival, llamada “canícula” o “veranillo”. Alguno de los factores que se toman en cuenta como indicadores de una sequía son:

- 1) Periodos con precipitación baja, menor que un valor considerado “normal”, con fuertes vientos, baja humedad relativa y altas temperaturas.
- 2) Escasa humedad aprovechable en el suelo, de acuerdo con su capacidad de retención y requerimientos de las plantas.
- 3) Agua disponible de menor cantidad a las necesidades por satisfacer, ya sea en presas, ríos, acuíferos, etc.

Sin embargo, puede establecerse que una sequía ocurre cuando se presenta un significativo déficit de agua (valor crítico) tanto en el tiempo como en el espacio. Cuando se ha declarado una sequía, los daños dependerán de su duración e intensidad y en función de lo anterior, de la necesidad de agua que tenga en ese lapso los seres vivos, y de las actividades económicas en desarrollo.

Aunque las sequías se pueden presentar en cualquier sitio y época, existen áreas especialmente vulnerables y sensibles al fenómeno, definidas básicamente por su latitud. De acuerdo con los patrones de circulación atmosférica a partir del Ecuador se presentan bandas alternas de baja y alta presión atmosférica hacia ambos polos.

La explicación más aceptada es que la sequía se debe a alteraciones de los patrones generales de circulación atmosférica, así como a la geografía del lugar, su altitud, latitud, condiciones geográficas, etc., que influyen en los patrones tanto de la precipitación, como del escurrimiento superficial y del flujo subterráneo.

México tiene gran parte de su territorio en una zona de presión atmosférica alta, por lo que no es fortuito que esas áreas sean áridas o semiáridas, coincidiendo con altitud con los grandes desiertos africanos y asiáticos.

La definición del término de aridez está en función de las causas que la originan y a menudo se basan en la comparación de la precipitación y algunas medidas del potencial de evaporación (UNESCO, 1979). Específicamente las superficies áridas (norte y noreste del país) son aquellas que tienen una precipitación media anual menor o igual a 400 mm; semiáridas aquellas que tienen una precipitación media anual entre los 401 y 600 mm. Las superficies con clima semihúmedo (zonas lluviosas litoral y sureste), son aquellas que tienen una precipitación media anual entre 601 y 1,500 mm; y las húmedas, aquellas zonas con una precipitación media anual mayor a 1,500 mm.

Ahora bien, se considera una sequía incipiente cuando el déficit de agua está entre 5 y 10%, moderada cuando está entre 20 y 35%, severa cuando está entre 35 y 50% y crítica o

extrema cuando el déficit es mayor del 50% de la precipitación.

De acuerdo con la Secretaria de Gobernación (Segob, 2000), las sequías pueden clasificarse por su magnitud en:

- a) Leves: son aquellas que tienen como causa la escasez parcial de lluvias y no repercuten de manera importante en la producción, ni en la economía.
- b) Moderadas: son las originadas por una disminución significativa en la precipitación pluvial que afecta a la producción agrícola.
- c) Severas: son las que se producen por la disminución general o total de lluvias, con daños cuantitativos a la producción.
- d) Extremadamente severas: son producto del proceso permanente de escasez de agua que provoca crisis en la agricultura y en la ganadería, con los consiguientes efectos al conjunto de la economía y la sociedad.

Por el área de afectación las sequías se clasifican según el Cuadro 23.

Cuadro 23. Clasificación de la sequía según área afectada.

Área (%)	Categoría
Menor al 10	Local
De 11 a 20	Vasta
De 21 a 30	Muy basta
De 31 a 50	Extraordinaria
Mayor de 50	Catastrófica

Históricamente, Chiapas ha padecido sequías: en 1968 se presentó una sequía que afectó gran parte del territorio del país impactando fuertemente en la economía; entre los estados afectados se encontraba Chiapas. En el periodo de

1960-1990 Chiapas fue uno de los estados que experimentó más años catastróficos (sequías en más de 50% de la superficie).

Según las regiones administrativas presentadas por la CNA, la periodicidad anual con la que se presenta una sequía en el estado es de cada 5 años. El periodo de retorno de una sequía adversa es de 31 a 35 años y con base en el porcentaje del área estatal afectada se clasifica a las sequías como de tipo catastrófica (> 50% de la superficie estatal), con una periodicidad de 5 años, con una duración de uno o más años y con la probabilidad de presentarse en un año en particular de 63%.

Cuadro 24. Estaciones climatológicas empleadas.

Estación	Latitud	Longitud	Altura msnm	Años de registro
Berriozábal	16°47'4"5	93°16'30"	890	14
El Boquerón	16° 38'31"	93°09'00"	480	53
El Progreso	17° 02'45"	93°18'32"	170	43
La Selva	17° 00'30"	93°28'30"	588	17
Las Palmas	16°45'42"	93°05'10"	550	25
Las Limas	16°45'03"	93°22'26"	800	52
Puente Colgante	16°44'26"	93°01'52"	418	50
San Fernando	16°52'23"	93°13'37"	900	22
El Sabinal (CNA)	16°45'50"	93°08'14"	540	53
ZooMAT	16°43'22"	93°05'54"	575	8

El análisis de la sequía en el municipio de Tuxtla Gutiérrez se realizó con base en los datos climatológicos de las 10 estaciones establecidas en el municipio. Las estaciones que

no presentan resultados son debido a la corta longitud de registro con la que se contaba.

Como primer paso se determinó la lámina de precipitación acumulada anual, para lo cual se empleó la base de datos ERIC III 2.0 (IMTA, 2009), que contiene información de 1940 a 2008 (en promedio) para cada estación (Cuadro 24).

El procedimiento seguido, para cada una de las estaciones involucradas se presenta en el Anexo 13.5.

Una vez obtenidos los datos climatológicos de cada estación, se analizó el comportamiento de las sequías del municipio de Tuxtla Gutiérrez. Lo anterior se logró al obtener las características promedio de todas las estaciones del municipio (Cuadro 25), donde se pueden observar y obtener los siguientes resultados:

- La precipitación media anual es de 1,151.7 mm, clasificando al clima como semihúmedo ( $601 \leq H_p$  media anual  $\leq 1,500$  mm).
- Se observa que en más del 50% del área de estudio, la duración de las sequías es de dos años, con un promedio de 2.6 años para toda el área.
- La periodicidad promedio con la que se presenta una sequía en la zona, es cada cuatro años con una duración promedio de tres años.
- Basándose en la duración del periodo más largo de sequía y tomando como base el promedio de la lluvia acumulada anual para cada estación, se tiene una intensidad promedio de la sequía de 260 mm/año, con una desviación a la media de 22.2% y una duración promedio de ocho años.

Cuadro 25. Estaciones climatológicas empleadas.

Clave	Estación Nombre	Hpmed (mm)	Tipo de sequía	Clima	Hp	Desv.	Durac.	Déficit	Intens. del	% a la	Periodicidad	Duración	
					1er decil (mm)	a la media (%)	sequía más larga (años)	acum. sequía adversa	periodo más largo (mm/año)	media	prom. de la sequía (años)	prom. de la sequía (años)	
7372	Berriozábal	801.4	S	Semihúmedo	330.6	229.7	28.7	5.0	229.7	106.9	13.3	3.5	2.0
7039	El Boquerón	979.7	M	Semihúmedo	636.5	559.5	57.1	7.0	559.5	170.8	18.3	4.5	3.0
7050	El Progreso	1670.4	N/S	Húmedo	415.4	115.5	6.9	10.0	115.5	475.7	28.5	7.6	4.0
7238	El Sabinal	1154.8	N/S	Semihúmedo	792.3	661.1	57.2	4.0	661.1	97.6	8.5	3.0	2.0
7363	La Selva	1963.1	N/S	Húmedo	454.8	119.5	6.1	5.0	119.5	536.2	27.3	3.8	3.0
7103	Las Limas	1074.2	I	Semihúmedo	691.2	620.1	57.7	8.0	620.1	207.8	19.3	4.8	3.0
7134	P. Colgante	1027.9	M	Semihúmedo	671.1	599.2	58.3	12.0	599.2	200.2	19.5	4.8	2.0
7319	San Fernando	911.5	S	Semihúmedo	709.0	433.8	47.6	6.0	433.8	207.6	24.0	4.5	3.0
7202	Tuxtla DGE	1004.0	M	Semihúmedo	648.6	577.6	57.5	11.0	577.6	187.2	18.6	3.6	2.0
7176	Vivero CFE	929.8	M	Semihúmedo	211.5	80.7	8.7	8.0	80.7	414.2	44.5	3.2	2.0
	<b>Promedio</b>	<b>1151.7</b>		<b>Semihúmedo</b>	<b>556.1</b>	<b>399.7</b>	<b>38.6</b>	<b>7.6</b>	<b>399.7</b>	<b>260.4</b>	<b>22.2</b>	<b>4.3</b>	<b>2.6</b>

- También se observa el primer decil para cada estación, el cual indica la cantidad de lluvia que no excede 10% del total y son en cuanto a magnitud e intensidad, los eventos de sequía más adversas que pueden ocurrir en un sitio determinado.
- Para cada estación analizada se encontraron eventos por debajo del primer decil. La lámina de precipitación registrada más adversa para cada estación se observa en la columna siete del Cuadro 25, obteniéndose un promedio de 399.7 mm de precipitación para la sequía más adversa en toda la zona, con una desviación a la media anual de 38.6%.
- En cuanto a la sequía, de acuerdo con la extensión superficial que abarca, se realizaron las siguientes consideraciones; cada estación tiene la misma área proporcional, por lo tanto cada estación representa 1/10 de la superficie del municipio. Así se tiene que para la década de 1990-2000, seis de las diez estaciones (6/10) presentaron algún tipo de sequía debido a su intensidad, siendo afectado 60% del

territorio municipal, clasificándose como de tipo catastrófica.

- Del análisis realizado a los datos de precipitación del municipio de Tuxtla Gutiérrez, presentados en los párrafos anteriores, se puede ver la relación con los datos obtenidos a nivel estatal de la CNA.

Debido a que el análisis de sequía se realiza a nivel municipal, se considera al municipio con un riesgo alto a la presencia de dicho fenómeno, pero considerando que

el fenómeno de la sequía no solo considera el déficit de agua (valor crítico) tanto en el tiempo como en el espacio, sino que también los daños ocasionados por su duración e intensidad y la necesidad de agua que tengan en ese lapso los seres vivos y de las actividades económicas en desarrollo, se considera que el municipio presenta una vulnerabilidad media debido a que a pesar de que hay agua, no hay la infraestructura suficiente (Figura 100).

Uno de los elementos más visibles de las sequías en Tuxtla Gutiérrez es la parte que corresponde a la reducción del suministro de agua en la época de estiaje que se manifiesta con una compra de pipas por una buena parte de la población. Esta extracción importante de aguas subterráneas y el crecimiento de la población y con ello la demanda del vital líquido, puede ocasionar fenómenos geológicos como el de subsidencia (hundimientos) con daños en construcciones por asentamientos diferenciales, tal como ocurre en gran parte del centro del país, por lo cual es muy importante la regulación de la extracción de agua subterránea.

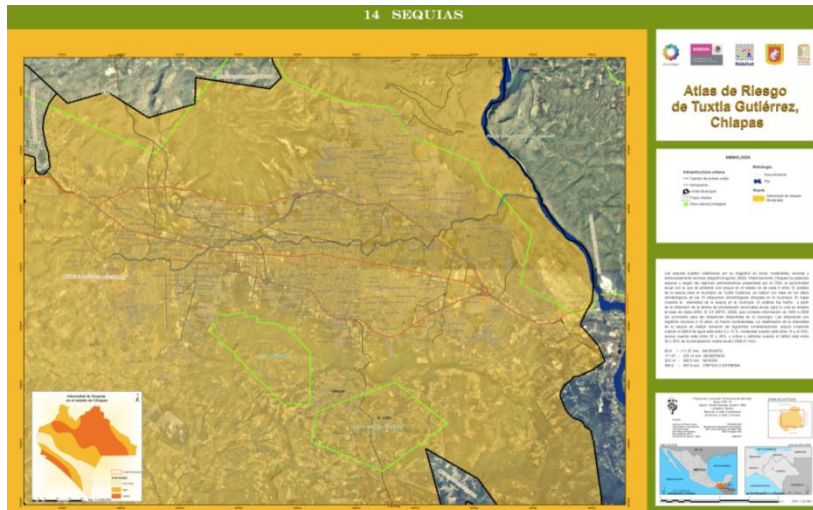


Figura 100. Mapa de sequías en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

### 6.2.7. Temperaturas máximas extremas

Las elevadas temperaturas están relacionadas con sistemas de estabilidad atmosférica principalmente en las estaciones de primavera y verano, así como de la ocurrencia de olas de calor. La vulnerabilidad física y social es más frecuente en los meses de esas estaciones del año. En el Cuadro 26 se presenta la vulnerabilidad por altas temperaturas con la designación de incomodidad debido a las temperaturas.

Considerando las 10 estaciones climatológicas para el área de estudio, se tiene el siguiente análisis:

1. La temperatura promedio máxima anual es de 29.8°C y la mínima promedio anual de 17.8°C, mientras que la temperatura promedio del área de estudio es de 20.8°C, las temperaturas mensuales promedio se muestran en el Cuadro 27 para cada estación.

2. Las temperaturas máximas extremas registradas en las estaciones del área de estudio (Cuadro 27), muestran que la oscilación térmica extrema en la mayoría de las estaciones es mayor a 40°C, siendo la mayor para la estación Puente Colgante con 44°C y la menor para la estación Las Limas con 30°C, observándose que dichas temperaturas extremas fueron registradas en los meses de marzo, abril y mayo.

Cuadro 26. Vulnerabilidad por altas temperaturas

Temperatura	Designación	Vulnerabilidad
28 a 31°C	Incomodidad	La evapotranspiración de los seres vivos se incrementa. Aumentan dolores de cabeza en humanos.
31.1-33°C	Incomodidad extrema	La deshidratación se torna evidente. Las tolveneras y la contaminación por partículas pesadas se incrementan, presentándose en ciudades.
33.1-35°C	Condición de estrés	Las plantas comienzan a evapotranspirar con exceso y se marchitan. Los incendios forestales aumentan.
35°C	Límite superior de la tolerancia	Se producen golpes de calor, con inconsciencia en algunas personas. Las enfermedades aumentan.

3. En la Figura 101 se muestra el comportamiento de la marcha anual de las temperaturas máximas promedio mensuales, en donde se observa que el promedio de las mínimas ocurre en los meses de diciembre, enero, y febrero; en tanto que las temperaturas más elevadas se registraron en los meses de marzo, abril y mayo.

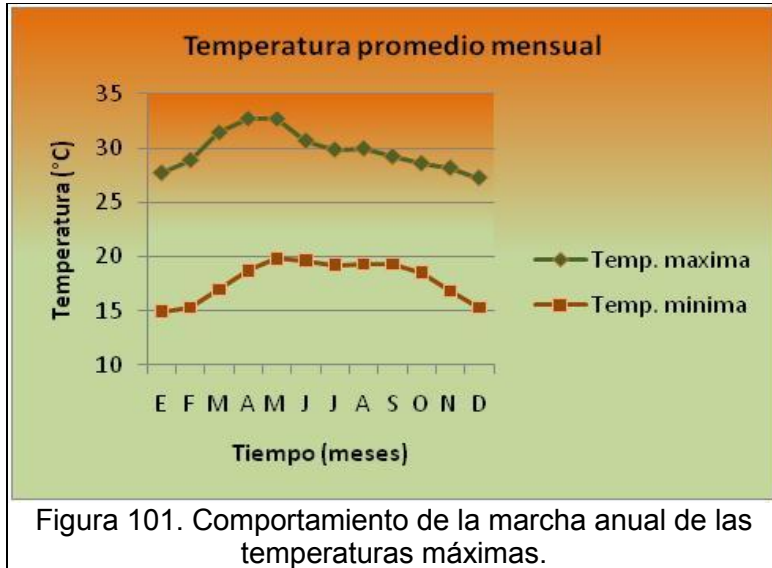


Figura 101. Comportamiento de la marcha anual de las temperaturas máximas.

- Clasificando el promedio de las temperaturas máximas anuales (29.8°C), se tiene designada según la clasificación del Cuadro 26 como "incomodidad", ya que 28°C < 29.8°C < 31°C, por lo tanto la vulnerabilidad en los seres vivos a este grado de temperatura, es el incremento de la evapotranspiración y aumentan los dolores de cabeza en los humanos.
- Es importante mencionar que aunque el promedio de la temperatura máxima extrema es menor a los 31°C, se presentan en el municipio temperaturas mayores a los 35°C en los meses más calurosos. Muchas temperaturas se encuentran en el "límite superior de la tolerancia", provocando golpes de calor, provocando inconsciencia en algunas personas y aumentando las enfermedades. En el Anexo 13.8 se presenta un resumen de las temperaturas promedio mensuales y anuales de las estaciones

climatológicas utilizadas para el diagnóstico de la temperatura.

Cuadro 27. Temperaturas máximas extremas de las estaciones climatológicas utilizadas para el diagnóstico de temperatura.

Estaciones	Fecha	Temperatura máxima extrema
Berriozábal	16-20/Mayo/1989	43.5°C
El Boquerón	21/Abril/1949 22/Mayo/1955	42.5°C
El Progreso	26/Abril/1988 08/Mayo/1979	43°C
El Sabinal	24-25/Abril/2005	40°C
La Selva	15/Mayo/1983	40°C
Las Limas	16/Febrero/1994, 25/Marzo/1970 07/Mayo/1983, 01/Junio/1993 16/Diciembre/1983	30°C
Puente Colgante	19/Febrero/1998 – 10/Abril/2004	44°C
San Fernando	27/Marzo/1987	40.5°C
Tuxtla DGE	06/Febrero/1952	45°C
Vivero CFE	29/Abril/1994	40.5°C

La Figura 102 muestra la distribución de las temperaturas máximas en el territorio municipal. Es importante mencionar que la distribución espacial de las temperaturas presenta dichas características debido a los pocos puntos de interpolación con los que se cuenta para su realización. Se observa que la distribución de las temperaturas más altas se

presenta hacia el oriente del municipio, debido a la influencia de la estación climatológica Puente Colgante ubicada en el municipio de Chiapa de Corzo.

El decremento de la temperatura tiende a darse hacia el norponiente del municipio por la influencia de las estaciones ubicadas en los municipios de San Fernando y Berriozábal. El centro del municipio ubicado en las partes bajas o valle, presenta temperaturas entre los 25.7 y 35.4° C (Figura 102).

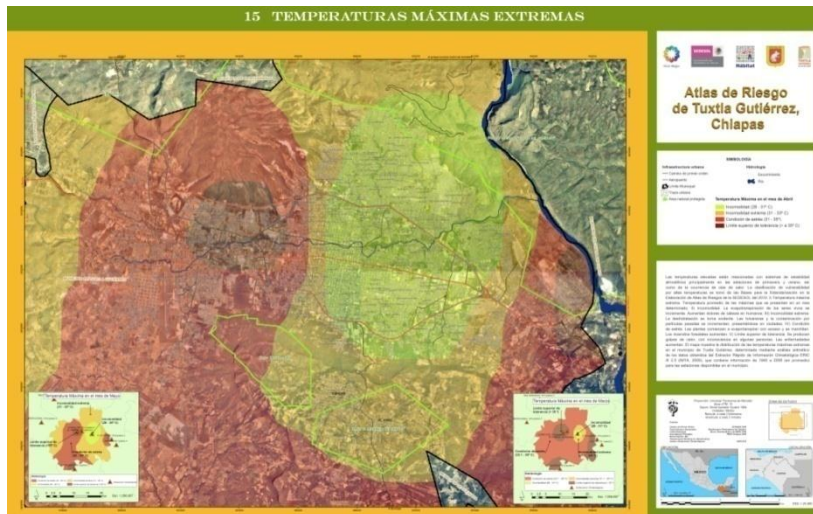


Figura 102. Mapa de temperaturas máximas extremas en Tuxtla Gutiérrez.

### 6.2.8. Vientos

Pueden definirse los vientos como aire en movimiento. Ejercen gran influencia en la hidrometeorología. Facilitan la transición del calor y humedad. El aire tiende a adoptar la temperatura y humedad de las superficies en contacto; si no hay viento cuando se alcanzan esas condiciones, cesan los

procesos de evaporación, condensación, fusión y transmisión de temperatura.

El viento es también de importancia en la producción de la precipitación, ya que sólo podrá mantenerse con la entrada continua de aire húmedo. De acuerdo a encuestas rápidas realizadas a los pobladores del municipio, las afectaciones por vientos fuertes son muy esporádicas, de las cuales se tienen recuerdos de caídas de árboles, techos y espectaculares en la ciudad (ver Fotos 40).

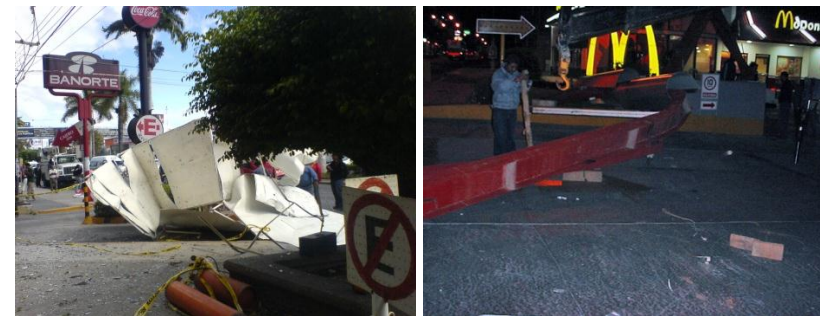


Foto 40. Daños producidos por ráfagas de viento en Tuxtla Gutiérrez (tomado de González et al., 2009b).

La afectación más extraordinaria registrada por la población es la llamada “Culebra de agua”, fenómeno que se presentó en las colonias ubicadas al norte oriente de la ciudad tales como: La Chacona, Albania Alta, Kilometro 4 y Cruz con Casitas. Según palabras de los pobladores “*bajó del cerro un remolino de aire y agua*” que afectó los techos de varias viviendas en dichas colonias. Los pobladores (ancianos) mencionan que dicho acontecimiento se ha presentado con anterioridad.

El viento es el flujo de gases a gran escala. En la Tierra, el viento es el movimiento en masa del aire en la atmósfera.



Günter D. Roth lo define como la compensación de las diferencias de presión (atmosférica) entre dos puntos.

En meteorología se suelen denominar los vientos según su fuerza y la dirección desde la que soplan. Los aumentos repentinos de la velocidad del viento durante un tiempo corto reciben el nombre de "ráfagas". Los vientos fuertes de duración intermedia (aproximadamente un minuto) se llaman "turbonadas". Los vientos de larga duración tienen diversos nombres según su fuerza media, como por ejemplo "brisa", "temporal", "tormenta", "huracán" o "tifón".

El viento se puede producir en diversas escalas, desde flujos tormentosos que duran decenas de minutos hasta brisas locales generadas por el calentamiento de la superficie terrestre y duran varias horas, e incluso globales que son el fruto de la diferencia de absorción de energía solar entre las distintas zonas geográficas de la Tierra.

Las dos causas principales de la circulación atmosférica a gran escala son el calentamiento diferencial de la superficie terrestre según la latitud, y la inercia y fuerza centrífuga producidas por la rotación del planeta. En los trópicos, la circulación de depresiones térmicas por encima del terreno y mesetas elevadas puede impulsar la circulación de monzones.

En Tuxtla Gutiérrez la dirección del viento generalmente es hacia el Noroeste (NW) según los datos históricos de la estación climatológica de Tuxtla de la CONAGUA. Haciendo un promedio histórico de esos datos encontramos que las velocidades medias dominantes anuales oscilan en los 4.5 m/s y las máximas en 14.5 m/s. Con estos promedios de velocidad no debería considerarse como una fuente de riesgo, sin embargo por la vulnerabilidad de las estructuras flexibles (espectaculares, anuncios, antenas, etc.), se han presentado accidentes en la ciudad, por lo que se recomienda hacer un

inventario de las estructuras flexibles de la ciudad y su estado para evaluar el riesgo (Figura 103 y Cuadro 28).

**OBSERVATORIO "TUXTLA GUTIÉRREZ", CHIS.  
VIENTOS DOMINANTES Y MÁXIMOS  
VIENTOS EN m/s**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio Anual
<b>1990</b>													
Dominante	6.9 nw		7.8 nw	6.3 nw	4.2 nw	4.2 nw	4.4 nw	3.8 nw	4.0 nw	5.4 nw	5.6 nw	6.5 nw	4.9
Máximo	17.4 nw		20.6 nw	15.1 nw	16.8 nw	12.3 nw	12.3 nw	10.4 nw	11.3 nw	15.7 nw	13.4 nw	14.7 nw	12.3
<b>1991</b>													
Dominante	5.9 nw	6.2 nw	5.8 nw	5.7 nw	4.2 nw	3.8 nw	4.6 nw	4.2 nw	4.0 nw	4.4 nw	5.6 nw	4.6 nw	4.9
Máximo	17.9 nw	16.4 nw	16.2 nw	13.2 nw	11.6 nw	14.8 n	11.9 nw	14.6 nw	11.9 nw	13.4 nw	17.9 nw	16.7 nw	14.7
<b>1992</b>													
Dominante	6.1 nw	6.7 nw	7.3 nw	6.6 nw	6.8 nw	4.7 nw	4.2 nw	3.8 nw	4.9 nw	4.3 nw	6.1 nw	5.0 nw	5.5
Máximo	17.1 nw	19.3 nw	18.8 nw	18.8 nw	17.6 nw	14.7 nw	14.6 e	21.3 nw	12.9 nw	14.0 nw	15.7 nw	15.7 nw	16.6
<b>1993</b>													
Dominante	6.9 nw	8.2 nw	7.6 nw	6.0 nw	5.9 nw	2.5 nw	5.0 nw	4.9 nw	5.1 nw	5.1 nw	5.9 nw	6.7 nw	5.8
Máximo	16.2 nw	18.5 nw	20.2 nw	20.2 nw	18.8 nw	25.2 n	15.1 nw	13.9 nw	13.2 nw	18.4 nw	15.8 nw	17.8 nw	17.7
<b>1994</b>													
Dominante	7.9 nw	8.2 nw	9.3 nw	7.1 nw			5.8 nw	4.7 nw	6.2 nw	6.5 nw	6.5 nw	7.2 nw	5.7
Máximo	18.8 nw	21.6 nw	21.3 nw	21.0 nw			18.6 nw	19.2e	17.9 nw	19.3 nw	17.2 nw	20.9 nw	16.3
<b>1995</b>													
Dominante	7.6 nw		6.4 nw	6.6 nw	2.9 nw	5.0 nw	2.6 nw	2.9 nw	4.1 nw	3.7 nw	4.9 nw	5.3 nw	4.3
Máximo	19.3 nw		17.9 nw	18.2 nw	13.7 w	17.1 nw	14.3 nw	12.7	15.1	14.6 nw	17.6 nw	17.6 nw	12.6
<b>1996</b>													
Dominante			6.9 nw	7.1 nw	5.2 nw	5.0 nw	4.1 nw	3.9 nw	4.1 nw	4.6 nw	5.4 nw	5.5 nw	5.2
Máximo			20.9 nw	20.0 nw	16.5	17.0 nw	11.8 nw	16.7 nw	11.5 nw	14.8 nw	19.6 nw	17.4 nw	16.7
<b>1997</b>													
Dominante	6.8 nw	7.2 nw	6.8 nw	3.9 nw	6.7 nw	4.0 nw	4.9 nw	5.2 nw	5.3 nw	4.5 nw	2.7 nw	5.5 nw	5.3
Máximo	18.1 nw	18.6 nw	19.0 nw	19.0 nw	18.5 nw	11.2 nw	14.0 nw	wnw 1.0	15.1 nw	19.6 nw	16.2 nw	15.7 nw	16.6
<b>1998</b>													
Dominante	5.0 nw	7.7 nw	6.2 nw	4.8 nw	5.4 nw	4.4 nw	4.4 nw	4.1 nw	1.5 nw	3.2 nw	4.0 nw		4.2
Máximo	15.0 nw	16.2 n	18.1 n	18.8 nw	13.4 nw	13.9 nw	14.6 nw	12.4 nw	10.6 e	15.1 nw	12.6 nw		13.4
<b>2000</b>													
Dominante	4.7 nw	5.2 nw	6.0 nw	3.6 nw	3.8 nw		4.2 nw	4.2 nw	3.5 nw	4.1 nw	4.1 nw	4.3 nw	3.6
Máximo	14.8 nw	13.4 n	15.4 nw	12.5 nw	13.9 nw		10.1 nw	12.9 nw	10.4 nw	11.8 nw	15.5 nw	15.7 nw	12.2
<b>2001</b>													
Dominante	5.2 nw	5.7 nw		5.8 nw	5.3 nw	3.9 nw	3.8 nw	3.7 nw	2.9 nw	3.9 nw	4.2 nw		3.7
Máximo	18.2 nw	17.1 nw		16.8 nw	15.8 nw	14.6 nw	12.2 n	12.6 nw	10.6 nw	13.7 nw	10.8 nw		11.9
<b>2002</b>													
Dominante	4.6 nw	4.8 nw	4.9 nw	4.7 nw	4.6 nw	3.3 nw	3.2 nw	3.6 nw	2.8 nw	3.2 nw	3.0 nw	3.8 nw	3.9
Máximo	17.1 nw	15.7 nw	17.6 nw	13.7 nw	14.6 nw	13.2 nw	13.2nw	14.0 nw	15.7 nw	9.8 nw	13.7 nw	13.6 nw	14.3
<b>2003</b>													
Dominante	4.0 nw	4.2 nw	4.0 nw	4.3 nw	3.7 nw	1.9 nw	3.1 nw	3.1 nw	2.2 nw	3.2 nw	3.4 nw	3.5 nw	3.4
Máximo	13.7 nw	14.3 nw	16.9 nw	15.4 nw	14.3 nw	10.1 w	12.6 nw	16.4 nw	18.5 e	9.9 n	12.0 nw	13.4 nw	12.8
<b>2004</b>													
Dominante	3.8 nw	3.1 nw	4.2 nw	4.2 nw	3.6 nw	2.8 nw	2.7 nw	3.2 nw	2.4 nw	3.2 nw	3.8 nw	4.5 nw	3.6
Máximo	12.9 nw	14.6 nw	13.4 nw	11.9 nw	11.8 nw	10.1 nw	15.1 nw	12.2 nw	10.9 nw	13.3 nw	17.6 nw	15.3 nw	13.3
<b>2005</b>													
Dominante	4.4 nw	5.0 nw	2.6 nw	4.8 nw	4.2 nw	3.0 nw	2.8 nw	3.0 nw	3.1 nw	3.6 nw	4.4 nw	3.3 nw	3.7
Máximo	16.8 n	19.3 nw	17.4 nw	19.3 nw	16.4 nw	12.0 nw	12.6 nw	11.5 nw	11.5 nw	12.3 nw	12.2 nw	14.6 nw	14.7
<b>2006</b>													
Dominante	3.6 nw	3.3 nw	5.1 nw	12.2 nw	2.4 nw	3.7 nw	3.0 nw						
Máximo	20.0 nw	17.6 nw	16.1 nw	16.8 nw	14.0 n	14.6 nw	12.0 nw						
Promedio Total Anual												Dominante	4.5
Máximo												14.6	

Cuadro 28. Vientos máximos y mínimos Observatorio "Tuxtla Gutiérrez".

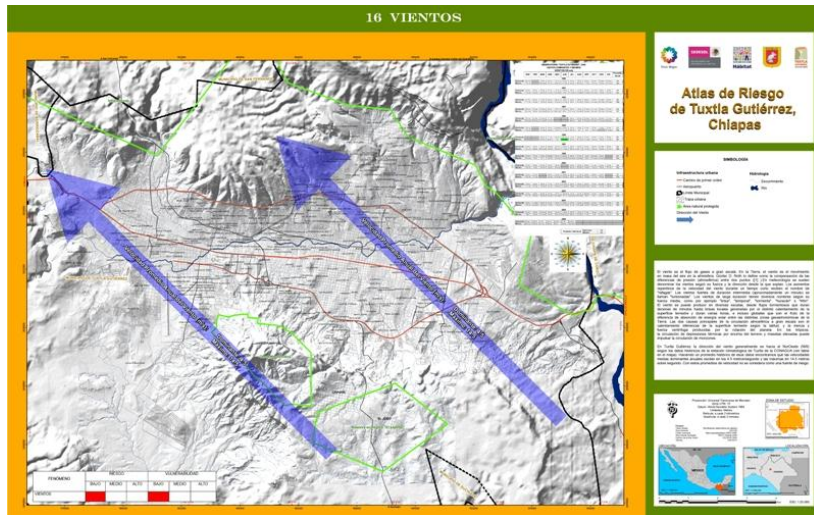


Figura 103. Mapa de vientos en Tuxtla Gutiérrez.

Para reducir la vulnerabilidad de las estructuras flexibles como mamparas y espectaculares, se recomienda emplear el MOC-CFE-2008 de diseño por viento. Adicionalmente se puede consultar el documento desarrollado por González et al. (2009b) donde se presenta una metodología para la evaluación de estructuras flexibles en Tuxtla Gutiérrez considerando el efecto dinámico de las ráfagas y los vórtices alternantes y en González (2010) se habla sobre el efecto de la topografía en el diseño por viento.

Es esencial que sea obligatorio por parte del municipio solicitar para todas las estructuras flexibles, la memoria de cálculo que avale el diseño por viento y que se dictamine la seguridad estructural y mantenimiento de las existentes, las cuales deben georeferenciarse en un mapa para ubicar cuales están oponiéndose al flujo del viento, por lo que serían más vulnerables.

### 6.2.9. Inundaciones

Para este estudio, la cuenca fue integrada por 15 microcuencas, con base en el criterio de los estudios realizados por López en 2006 (Figura 104). Las 15 microcuencas se enlistan en el Cuadro 29, el cual se presenta a continuación:

Cuadro 29. Microcuencas del río Sabinal.

Número	Subcuenca
1	San Francisco
2	Berriozábal
3	San Agustín
4	Chacona
5	San José El Arenal
6	Arroyo Centro Sur
7	Pomarrosa
8	El Poti
9	San Roque
10	Totoposte
11	Poc Poc
12	24 de Junio
13	Santa Ana
14	Cerro Hueco
15	Patria Nueva y otros

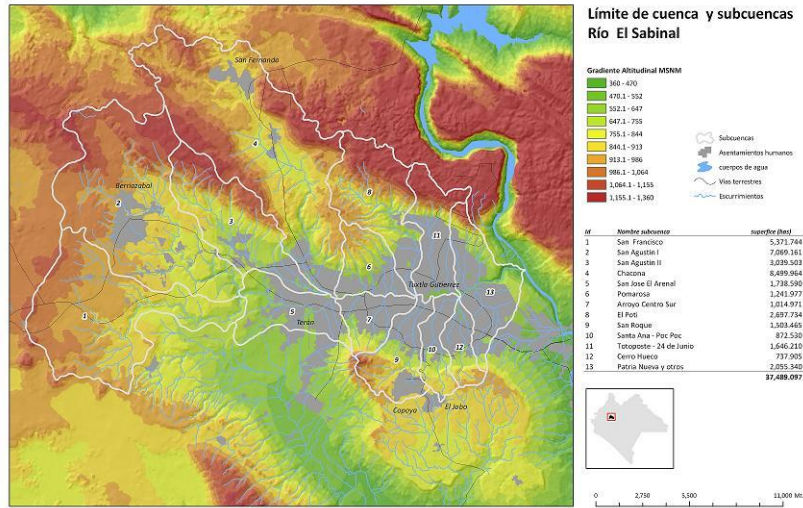


Figura 104. Microcuencas y sistema de drenaje de la cuenca del río Sabinal.

### 6.2.9.1. Densidad de corrientes

La densidad de corriente es un indicador que da el grado de bifurcación o eficiencia de una cuenca. Un orden de corriente alto o una densidad elevada refleja una cuenca altamente disectada, que responde rápidamente a tormentas. Horton (1945) definió la densidad de drenaje de una cuenca como el cociente entre la longitud total de los canales de flujo pertenecientes a su red de drenaje y la superficie de las cuencas, es decir, número de corrientes por unidad de área.

En el Cuadro 30 se presentan las características de la cuenca con respecto a su densidad de corriente.

Cuadro 30. Drenaje de la cuenca según densidad de corriente. Fuente: Horton, 1945.

Características del drenaje	Dd (km/km <sup>2</sup> )
Regular	0 a 1
Normal	1 a 1.5
Bueno	> 1.5

De acuerdo con el análisis de densidad de escurrimientos en el territorio municipal, se identifican dos zonas: de baja a media densidad con 80.87% de presencia en el municipio; y el porcentaje restante se refiere a una zona que manifiesta valores clasificados como altos a muy altos. Se infiere, basándose en el rango propuesto por Horton, que la cuenca del río Sabinal presenta un buen drenaje (Cuadro 31).

Cuadro 31. Densidad de corrientes en la cuenca del río Sabinal.

Clasificación	Dd (km/km <sup>2</sup> )	Característica (Horton, 1945)
Muy baja	0.00 a 1.15	Normal
Baja	1.15 a 2.77	Bueno
Media	2.77 a 4.70	Bueno
Alta	4.70 a 7.60	Bueno
Muy alta	7.60 a 11.80	Bueno

En el Cuadro 32 se muestra. La precipitación media mensual y anual de las Estaciones Climatológicas utilizadas para el estudio.

Cuadro 32. Precipitación media mensual y anual de las Estaciones Climatológicas utilizadas para el estudio.

Num	Estación	Long	Lat		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual	P/T	%PI	Oc	Clima
07-060	Ocozo-coautla	-93° 22'	16° 45'	T	21.7	22.1	24.0	25.2	26.0	25.2	25.0	25.0	24.7	23.7	22.7	21.2	23.9	34.3	2.7	4.8	Awo(w) igw"
	838m			P	8.4	9.8	4.0	9.5	59.0	174.0	132.9	144.6	165.3	69.6	25.0	15.9	818.0				
07-095	Tuxtla Gtz	-93° 22'	16° 45'	T	22.2	23.2	25.1	26.4	27.0	25.8	25.3	25.2	24.8	24.2	22.9	22.3	24.5	36.4	1.4	4.8	Awo(w) igw"
				P	0.4	1.1	10.6	10.5	80.0	203.7	158.6	158.5	191.4	67.0	8.3	2.2	892.3				
07-14	El Boquerón	-93° 9'	16° 39'	T	22.0	22.4	25.4	26.7	27.8	26.0	25.8	25.5	25.0	24.4	23.5	22.4	24.7	36.1	0.2	5.8	Awo(w) (l) igw"
	480m			P	1.5	0.5	0.2	9.6	54.2	200.5	186.0	178.1	196.6	51.5	13.4	2.3	894.4				
07-032	La Escalera	-93° 0'	16° 29'	T	22.9	23.5	26.8	28.0	29.1	27.6	27.0	26.8	26.4	25.9	24.7	23.1	26.0	37.9	0.4	6.2	Awo(w) (l) igw"
				P	0.7	0.0	3.4	12.2	91.2	190.3	214.2	206.6	208.8	44.0	13.7	0.3	985.4				

Mediante la superposición de mapas de los parámetros densidad de corriente y pendientes del terreno de la cuenca, se presentan dos posibles escenarios de peligro que se describen a continuación (Figura 105).

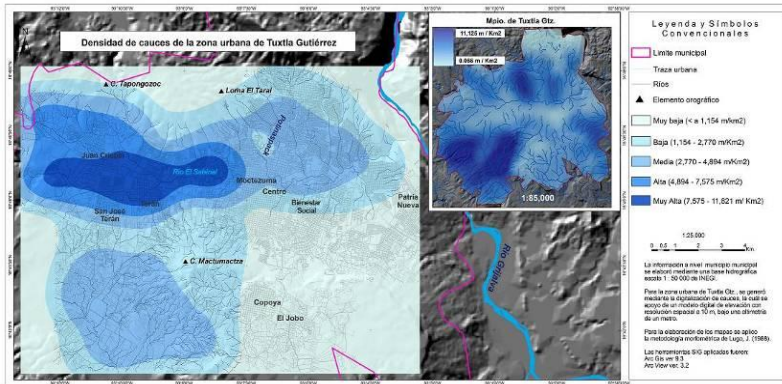


Figura 105. Densidad de ríos en la zona urbana de Tuxtla Gutiérrez.

1. *Zonas con escurrimientos emisores*: son aquellas zonas que presentan pendientes altas en la topografía del terreno con presencia de densidad de corrientes altas y pocas curvas o meandros en los cauces, se presentan específicamente en las geofomas conocidas como escarpes, laderas y valles intermontanos. Dichas características permiten que el flujo de agua en una tormenta sea abundante y desarrolle velocidades altas, con arrastre de cantos rodados, grava y casi nada de finos, debido a las altas velocidades que se desarrollan los suelos se erosionan fácilmente y son relativamente impermeables.
2. *Zonas con escurrimientos receptores*: las zonas con corrientes receptoras se exhiben con pendientes bajas en el terreno y una densidad de escurrimientos de media a baja. Están presentes en la unidad morfológica conocida como Valle (Figura 106). Estas zonas desarrollan velocidades bajas que permiten la formación de

meandros en temporadas de flujos bajos y son propensas a disminuir la velocidad de llegada del flujo de corrientes tributarias. Los causes están formados por arenas y finos con presencia de grava en algunas zonas.

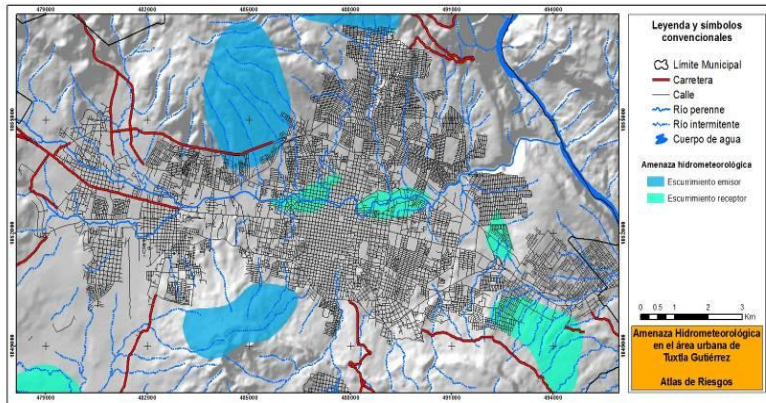


Figura 106. Amenaza hidrometeorológica en el área urbana de Tuxtla Gutiérrez.

### 6.2.9.2. Estructura de la red de drenaje (método de clasificación Horton- Strahler)

El análisis cuantitativo de redes hidrográficas de la cuenca, se realizó mediante el método de Horton (1945) de clasificación de la red de canales, el cual está basado en el sistema de Gravelius. Horton (1945) propuso un esquema de ordenamiento para la red de drenaje. Los primeros resultados empíricos sobre estas regularidades se conocen como las Leyes de Horton: llamadas ley de los números de corriente y ley de las longitudes de corriente.

Las bases teóricas de este método se basan en que las redes de drenaje, pueden ser modeladas o representadas como árboles, los cuales están conformados por un conjunto de

*nodos* conectados unos a otros por *segmentos* de recta de manera que cada nodo tiene solo una ruta hacia la *salida*. Los nodos que se conectan a un solo segmento son llamados *fuentes* y los que conectan a más de uno son llamados *uniones*.

Los segmentos que se conectan a una *fuerza* y a una *unión* se los denomina *tramos exteriores* o externos y a aquellos que se conectan a dos uniones se les denomina *tramos interiores* o internos. Se considera que la cuenca tiene una única salida o punto de desagüe. Los puntos en los que se unen dos segmentos de canal son los nudos internos. Los nudos externos son aquellos a partir de los cuales se origina un segmento de canal (es decir, la cabecera de todos los tributarios de la cuenca). Según Strahler una corriente puede tener uno o más segmentos.

Un canal es una unión arbitraria de segmentos (ej. canal principal). Strahler ordena las corrientes de acuerdo a los siguientes criterios:

1. A los cursos que son las nacientes de la red se les asigna el valor 1.
2. La conjunción de dos cauces de orden 1, implica que la red de drenaje aumenta de magnitud por lo que a partir del lugar de confluencia se le asigna el valor 2.
3. El lugar de encuentro entre dos cauces de orden 2 implica que la magnitud de la red de drenaje vuelve a ascender por lo que el valor numérico correspondiente a partir de allí es 3.
4. Así se procede sucesivamente hasta finalizar con la jerarquización de la red de drenaje. El encuentro de un curso de orden inferior con otro de magnitud superior no significa cambio de orden de magnitud en la red de drenaje. Por ejemplo la confluencia de un curso de orden 1 con otro de orden 3 no varía la magnitud. La misma

continúa siendo de 3. Sólo aumenta si se produce la confluencia entre dos cursos de agua de idéntica magnitud. El curso de agua cuyo cauce alcanza la máxima magnitud dentro del área ocupada por la cuenca, es el río principal (Figura 107).

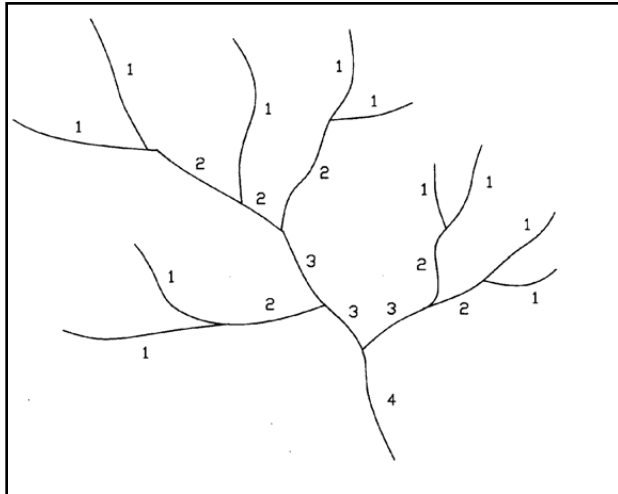


Figura 107. Jerarquización de una red hidrográfica según el criterio de Strahler.

Para la cuenca del río Sabinal se obtuvo un orden de corriente de 6, esta configuración de órdenes de corriente se puede observar en la Figura 108.

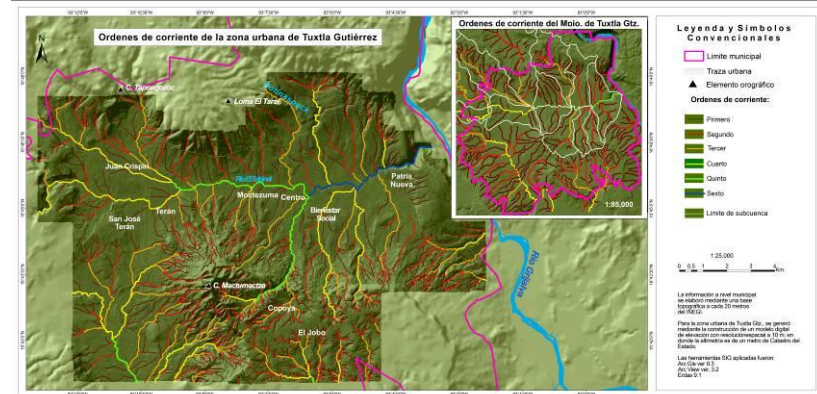


Figura 108. Clasificación de orden de corriente para la cuenca del río Sabinal (Orden 6).

### 6.2.9.3. Análisis estadístico de la precipitación

A continuación se presenta un resumen estadístico de la precipitación en la zona de estudio. La precipitación promedio anual en el área de estudio, considerando las once estaciones, es de 1,155.9 mm, sin embargo la cuenca se encuentra bajo un amplio rango de precipitación desde 884.8 mm hasta los 2,145.2 mm, lo cual de antemano regula la gran variedad de comunidades vegetales que en ella se desarrollan.

Las precipitaciones máximas históricas han ocurrido en los meses de junio a octubre, situación que se agudiza en septiembre, mes que se caracteriza por la mayor incidencia de huracanes en el Golfo de México. La topografía es un factor primordial en la distribución de la precipitación, el cual puede observarse a través de las estaciones seleccionadas para tal efecto.

Las precipitaciones máximas históricas ayudan en gran medida a la planeación de obras, por lo que se considera primordial tomar en cuenta los valores máximos. Se tiene que la máxima promedio en el área de estudio se presentó en el mes de septiembre con un valor de 464.9 mm y como un promedio anual se tiene una precipitación máxima de 244.7 mm.

Los meses con menor precipitación son enero, febrero, marzo, abril, noviembre y diciembre, con una precipitación promedio en el área de 2 a 8.9 mm.

#### 6.2.9.4. Implementación del modelo hidráulico HEC-GEORAS

Para la determinación de zonas inundables se utilizó el modelo de simulación hidráulica HEC-GEORAS (River analysis system) en flujo permanente, en el que se implementó el modelo de la cuenca del río Sabinal mediante la digitalización de las secciones del cauce principal en el programa ARC VIEW, mediante un proceso llamado preRAS y postRAS. Para realizar la implementación en el programa HEC-GEORAS se requiere conocer las condiciones del cauce principal y las inmediaciones o planicies de inundación, para la determinación de los coeficientes de rugosidad de Manning (Sotelo, 2009). Para este caso se utilizó  $n=0.040$  para el cauce y  $n=0.10$  para las inmediaciones (USGS, 2001 y SCS, 1963).

Una vez implementado el modelo se realizó un proceso de calibración mediante la comparación de datos obtenidos en campo (mancha de inundación del 6 de octubre del 2003 generados por la CNA para una precipitación de 350 mm, Figura 109) y los calculados por el propio HEC-GEORAS. Una vez que el modelo implementado reproduce la mancha, se

dice que el modelo está calibrado y que puede reproducir las manchas de inundación para un caudal máximo definido.

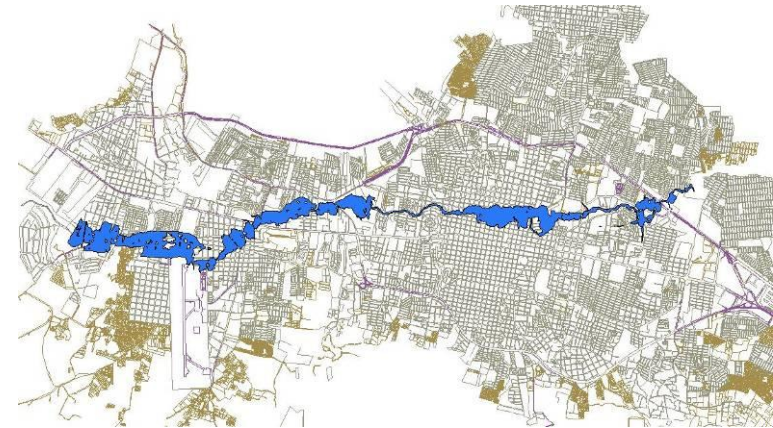


Figura 109. Mancha de inundación para un gasto de 350 m<sup>3</sup>, utilizada para la calibración del modelo (Tormenta 6 de octubre de 2003).

#### 6.2.9.5. Cartografía de zonas inundables para periodos de retorno 2, 10, 50, 100 y 200

Como resultado del análisis estadístico de los datos de precipitación de las estaciones pluviométricas y la implementación del modelo de la cuenca del río Sabinal en el modelo matemático GET-GEORAS y de las herramientas SIG, ARC GIS, ARC VIEW y ERDAS, se presentan la cartografía de las zonas de inundación para los periodos de retorno 2, 10, 50, 100 y 200 años (Figuras 110, 111, 112, 113 y 114).

Para la Figura 110 (Tr 2 años), se puede observar una mancha de afectación sobre el cauce principal que abarca zonas conocidas como Club Campestre, Entrada a San José Terán, Crucero de Fovissste, parque Caña Hueca, Convivencia Infantil, Fracc. Francisco I. Madero, Parque del

Oriente, Fracc. El Bosque, Infonavit Rosario y Colonia Unidad Chiapaneca.

Para los otros periodos de retorno (10, 50, 100 y 200 años), las afectaciones se dan en las mismas zonas pero con mayor área de afectación, incluyendo colonias como Las Palmas y El Vergel. Se observa una afectación de entre 500 y 600 m a ambos lado del cauce principal.

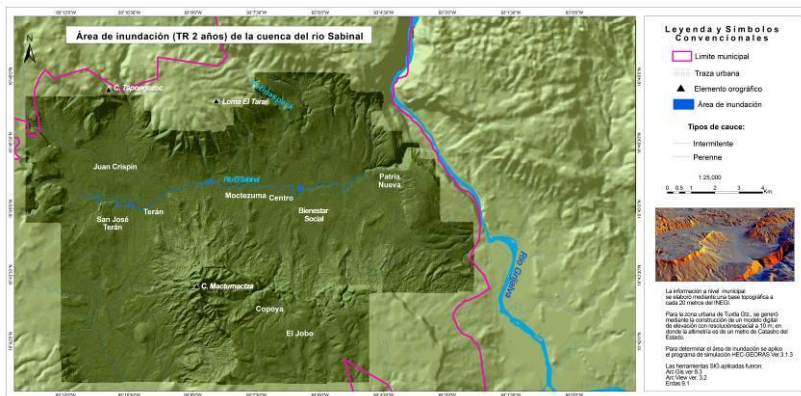


Figura 110. Área de inundación de la cuenca del río Sabinal Tr= 2 años.

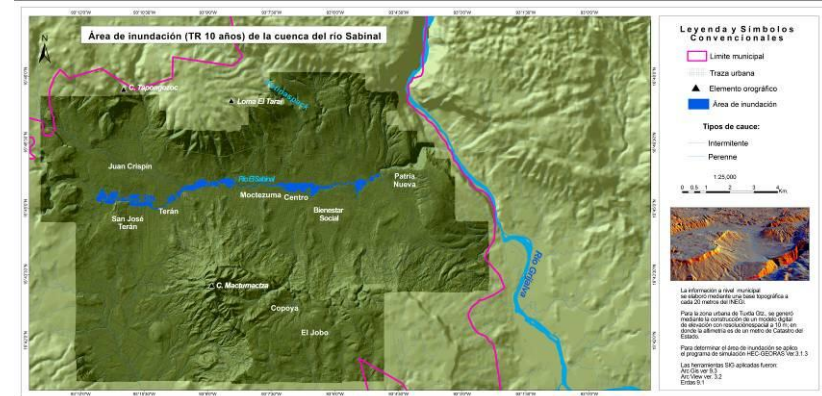


Figura 111. Área de inundación de la cuenca del río Sabinal Tr= 10 años.

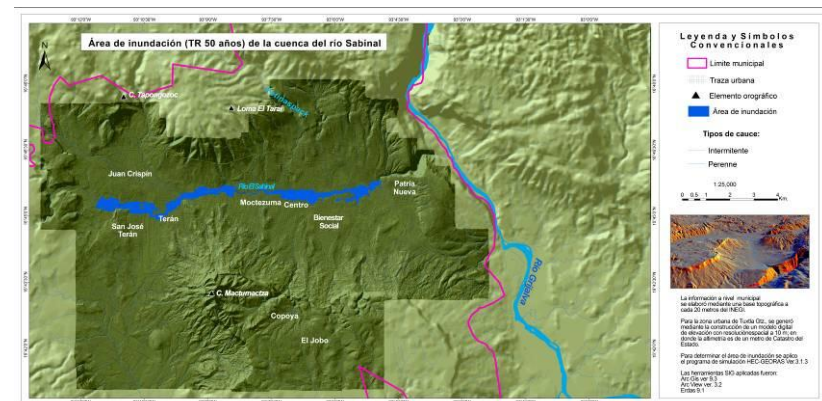


Figura 112. Área de inundación de la cuenca del río Sabinal Tr=50 años.



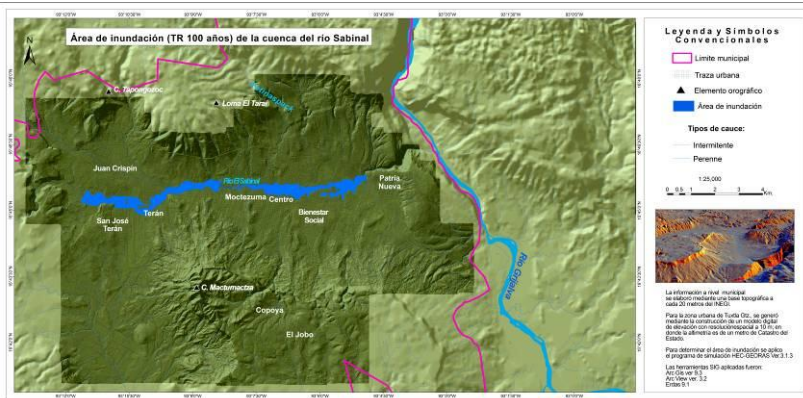


Figura 113. Área de inundación de la cuenca del río Sabinal Tr= 100 años.

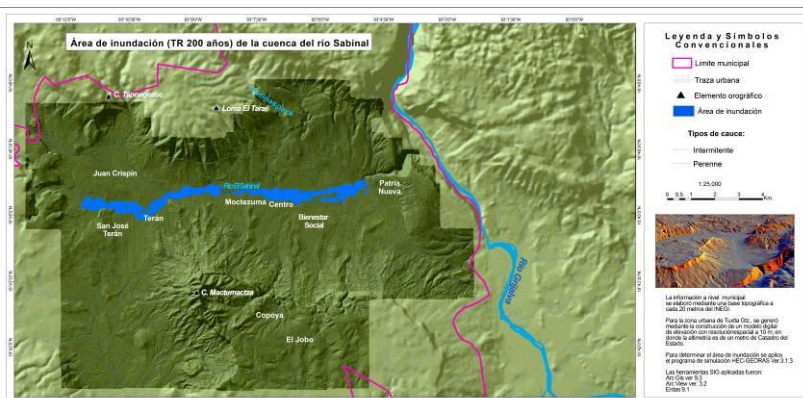


Figura 114. Área de inundación de la cuenca del río Sabinal Tr= 200 años.

### 6.2.9.6. Estudios para disminuir el riesgo de inundaciones

Históricamente, la cuenca del río Sabinal se ha visto afectado por diversos fenómenos hidrometeorológicos cuyas principales manifestaciones son las inundaciones, que han

lastimado a la población de la capital del estado de Chiapas, la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

No obstante que las inundaciones en la ciudad capital datan desde principios del siglo XX, solo hasta el año 1998 se realizó el primer estudio importante en pro de prevenir las inundaciones y en 2004 el segundo, ambos estudios se realizaron como respuesta a las inundaciones de 1996 y 2003, las más importantes en la historia de la ciudad. A continuación se describen los estudios citados tanto en sus propuestas como alcances:

En 1998 el Instituto de Ingeniería de la UNAM, desarrolló un estudio denominado: Análisis del Sistema Principal de Drenaje y Control de Avenidas de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez. Del estudio se desprendieron las siguientes conclusiones:

La medida más importante para reducir los desbordamientos consiste en eliminar los puentes que obstruyen el libre paso del flujo y reconstruirlos con una sección apropiada (ver Foto 41). Propusieron: 45 m<sup>3</sup> en la zona de Terán y 60 m<sup>3</sup> desde el cruce del río con el boulevard Belisario Domínguez hasta antes de la confluencia con el arroyo San Roque, donde se proponen 80 m<sup>3</sup> desde este punto y hasta el cruce con el libramiento norte. Se hace énfasis en que se requiere que la sección hidráulica en los puentes sea similar a la de los tramos de río adyacentes, con el objeto de evitar cambios bruscos entre secciones.

De acuerdo con el estudio se señala que en el Libramiento Norte se cuenta con pendiente adecuada para construir un interceptor desde su cruce con la calle central hasta el río Sabinal, de tal manera que podría captar escurrimientos de los arroyos Potinaspak (en este caso será necesario derivar el arroyo hacia el interceptor) y Totoposte.



Foto 41. Puente “San José”, que se encontraba en la prolongación de la calzada Conasupo, el cual fue uno de los que fue demolido y reconstruido (tomado de González, 2009).

En el Libramiento Sur, partiendo de la desviación hacia Villaflores, puede construirse otro interceptor que podría captar los arroyos San Roque (con una derivación), Pocpoc, Santa Ana y Cerro Hueco. El principal aportador por el lado poniente es el río San Francisco, por lo que se recomienda estudiar las posibilidades de regulación en un sitio ubicado unos 500 m aguas arriba de la confluencia con el Sabinal.

En el año 2005 la CNA y la UNACH desarrollan un proyecto denominado Estudio de aprovechamiento hidráulico integral y de control de inundaciones en la cuenca del río Sabinal, el cual genera un conjunto de propuestas que comprendían: La reubicación, canal de desvío, túnel de desvío, presa en confluencia y combinaciones de las distintas alternativas.

De acuerdo al estudio el proyecto más rentable era la presa de 41 m de altura, la cual controlaría la parte alta de la cuenca hasta para un periodo de retorno de 200 años, pero en la parte media de la cuenca de acuerdo a las simulaciones, se

siguen presentando inundaciones en ciertas áreas críticas del Sabinal (Fraccionamiento Lum-Ha, Esmeralda, Rincón de Lagos, Portal de Hierro y Madero) porque los primeros cuatro fraccionamientos se encuentra aproximadamente 0.80 m por debajo de la cota del fondo del río y el último fraccionamiento está en el centro de un meandro que al desbordarse aguas arriba, el agua cruza el fraccionamiento hacia las partes bajas, por lo anterior se proponían bordos en estas zonas para disminuir el riesgo de inundaciones, considerando como segunda mejor opción presa y bordos, sin embargo el costo de los bordos en el análisis económico no era rentable además de que su altura está en función de los puentes localizados en la zona lo cual eleva los costos.

Cabe mencionar que para las acciones estructurales se llegó al resultado de la presa en la confluencia del San Francisco con el río Sabinal como alternativa óptima, mientras los bordos están limitados 1.5 m y los costos de estos se elevan debido a que hay que modificar puentes. Las acciones no estructurales reducirían el impacto de las inundaciones.

En el año 2007 se comenzaron a desarrollar los colectores del drenaje pluvial por parte del municipio. Esta alternativa consiste en proponer dos colectores, denominados colector Norte y Sur. El primero de ellos, interceptaría parte del flujo proveniente del río Totoposte desplazando en su mayor parte por el Boulevard Artículo 115, y desalojaría su flujo en el río Sabinal en una sección posterior al parque del Oriente, a la altura del Fraccionamiento del Bosque. El colector pluvial Sur se desplaza en su parte inicial paralelamente al Libramiento Sur, hasta el entronque con el Boulevard Andrés Serra Rojas, desembocando en un punto del río Sabinal posterior al del desalojo del colector pluvial norte.

Finalmente en el año 2010 se inició el proyecto denominado Parque lineal, el cual tiene por objetivo de acuerdo con el

proyectista el siguiente: “El programa de sistema e integral del saneamiento y rescate de la cuenca del río Sabinal, reúne actividades de protección civil, medioambientales y de imagen urbana, para crear un potencial de diseño urbano, que recupere las condiciones naturales del río, convirtiéndolo en el parámetro que estructure, de nuevo a la ciudad, por medio de un parque lineal de 18.5 km que conecte las pozas y plazas a través de una ciclovía, andadores y un carril para correr con el fin de los usuarios aprecien y convivan de una forma ambientalmente amigable con el río y su naturaleza” (ver Fotos 42).



Foto 42. Proyecto lineal para el control de inundaciones y saneamiento ambiental del río Sabinal (cortesía de LHB, Laboratorio de Hábitats Bioéticos).

Tras el desarrollo de los diversos estudios este último tiene la característica de que busca presentar una propuesta de toda la cuenca, no obstante se deben considerar los estudios anteriores y complementarlos para establecer su evolución y plantear un manejo integral. Definir un plan de desarrollo urbano congruente con los riesgos hidrológicos. En este

trabajo deberán participar los tres sectores de gobierno, colegios de profesionales, instituciones de investigación y representantes de la sociedad civil.

En esta perspectiva los desastres son hechos sociales más que fenómenos físicos exclusivamente; por lo tanto, se plantea que las soluciones no están solamente en las respuestas tecnológicas que se ponen en práctica con los proyectos solicitados por parte de los organismos públicos encargados de hacerlo, sino principalmente en la organización social y política de la sociedad. En todo caso, las respuestas deben contener tanto elementos tecnológicos como de organización social y política.

### 6.2.9.7. Determinación del riesgo por inundaciones

Las encuestas aplicadas a lo largo de la mancha urbana, la información histórica estudiada y lo analizado en los mapas nos permitió obtener resultados como los que se muestran en la Figura 115, donde se señala el número de viviendas inundables para un periodo de retorno de 50 años para la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

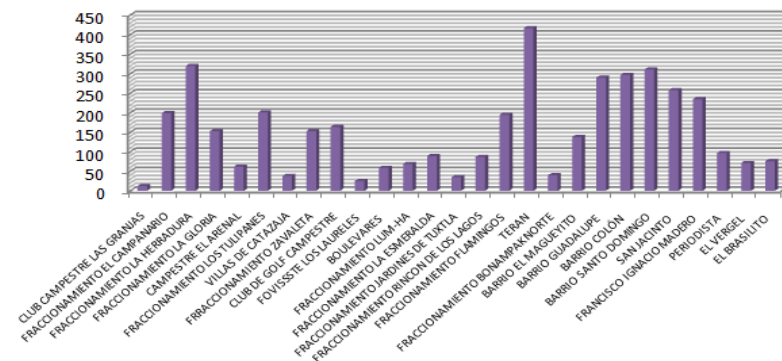


Figura 115. Viviendas que sufrirían daños en una inundación con un periodo de retorno de 50 años.

Las colonias que están en riesgo fueron 27, que representan cerca del 5% de todas las colonias municipalizadas en la mancha urbana de la ciudad, sin embargo representan el 3.33% del número total de viviendas de la ciudad.

En las Figuras 110 a la 114 se presentan mapas permiten orientar la acción de las autoridades para la atención del peligro de inundación para la ciudad. Para este estudio las colonias más críticas pueden inundarse con tirantes de hasta 2.0 m de altura, tales como Rincón de los Lagos, la Esmeralda, Lum-Ha, entre otras. Sin embargo, debido a que el número de viviendas de estas colonias es reducido no sobresalen en la gráfica mostrada en la Figura 115, como sí lo hacen las viviendas de regiones como Terán y San José Terán.

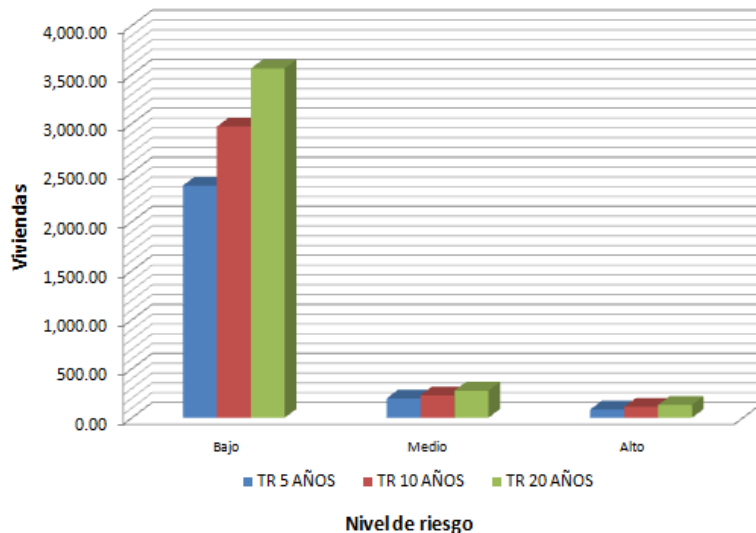


Figura 116. Estimación de niveles de riesgo de viviendas para distintos periodos de retorno (González, 2009).

Los resultados obtenidos por González (2009) indican que, respecto a la estimación de CNA hace casi 15 años, el número de viviendas que se encuentra bajo distintos niveles de riesgo se ha duplicado, resultando un número cercano a 5,000 viviendas para un periodo de retorno de 50 años. En la Figura 116 se muestra el estimado de viviendas dañadas en Tuxtla Gutiérrez para toda la ciudad para los tres periodos de retorno estudiados por González (2009) para tres niveles de riesgo.

### 6.2.9.8. Conclusiones del grado o nivel de riesgo, peligro y/o vulnerabilidad

De acuerdo al análisis hidrometeorológico resumido en el Cuadro 33, el municipio de Tuxtla Gutiérrez muestra mayor vulnerabilidad a los fenómenos relacionados con la incidencia de la precipitación en su territorio, provocando inundaciones debido a un superávit, o sequías por un déficit de ésta.

Encontrándose en un estado ubicado en la primera región matriz de nacimiento de huracanes en el Golfo de Tehuantepec y conocida a nivel mundial como una zona ciclogénica, el municipio de Tuxtla Gutiérrez no se considera una zona con alta probabilidad de impacto de ciclones tropicales. Los huracanes en esta zona mantienen trayectorias con un movimiento general hacia el oeste-noroeste o noroeste afectando las costas del occidente de México (Triana, 2005).

Cuando los ciclones tropicales se ubican en el Golfo de México, se pueden presentar condiciones adecuadas para lluvias torrenciales en el municipio, debido a la circulación de estos sistemas que inducen el desplazamiento al norte de la zona de convergencia intertropical y favorecen un fuerte flujo del sur o suroeste hacia el territorio chiapaneco, de forma perpendicular a la sierra bajo un efecto característico de ascenso orográfico.

Por lo anterior se considera que el municipio de Tuxtla Gutiérrez presenta un riesgo bajo ante dicho fenómeno. Sin embargo, es vulnerable a otros sistemas tropicales, como las ondas tropicales, ya que debido a la orientación que tienen de noroeste- suroeste, estos fenómenos dejan lluvias intensas en el territorio municipal, afectaciones que en su mayoría se complican por factores como la distribución de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez y la respuesta de la cuenca del río Sabinal, ocasionando daños colaterales al municipio como es el caso del fenómeno de las inundaciones.

Las zonas con mayor riesgo a presentar afectaciones por inundaciones, corresponden a ambas márgenes del cauce principal del río Sabinal y aquellas zonas de la cuenca consideradas con pendientes altas. En estos puntos del municipio, se encuentra asentada la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, lo que hace a esta zona más vulnerable a dicho fenómeno.

De acuerdo al análisis realizado y para el caso más extremo, se pueden presentar afectaciones entre 500 y 600 m en ambas márgenes del cauce principal. Las colonias con alto riesgo a inundaciones en el caso más extremo son: Club Campestre, Fracc. El Campanario, San José Terán, Calle Rosario Sabinal, centro de Terán, Fovissste, Los Laguitos, Lum-Ha, La Esmeralda, Rincón de los Lagos, Parque Caña Hueca, Colonia Moctezuma, Quinta Norte (a partir de la 13 poniente. hacia el oriente), centro de la ciudad (entre 3 y 7 norte), 5 de Mayo, Parque Convivencia Infantil, Fracc. Francisco I. Madero, Parque del Oriente, Fracc. El Bosque, Infonavit Rosario, colonia Unidad Chiapaneca, Las Palmas y El Vergel.

Las zonas con densidad de corriente entre media y alta, y pendientes entre moderadas a fuertemente inclinadas, pueden

verse afectadas. En estas zonas las colonias con mayor riesgo son: del lado norte de la ciudad, La Condesa, Caleras Maciel, Jardines del Norte, Las Granjas, Consorcio Buenos Aires, Albania Alta, Patria Nueva, Potinaspak y colonias del Oriente. Del lado sur se tienen las colonias Coquelexquitzan, Lomas del Sur, Fracc. Zoque, Bosques del Sur, Jardines del Sur, Diana Laura, Residencial Mactumatzá, Puesta del Sol, Nueva Esperanza y Albores Guillén.

Por el déficit de precipitación y de acuerdo a la extensión superficial que abarca, Tuxtla Gutiérrez presenta sequías de tipo catastróficas, presentándose en el municipio con periodos de cuatro años y duración promedio entre dos y tres años. La intensidad de la sequía promedio es de 260 mm/año, es decir, cuando se presenta una sequía llueve 260 mm menos por año con respecto a la precipitación media (1,151.7 mm).

Para el caso de temperaturas altas, se tiene que en promedio la temperatura máxima anual es de 29.8°C y con registros de temperaturas máximas extremas de hasta 35°C, lo que implica una vulnerabilidad alta para ciertos días en los meses de marzo, abril y mayo (meses más calurosos), presentándose en la población deshidratación, golpes de calor e inconsciencia y un aumento de las enfermedades. Las tolveneras y la contaminación por partículas pesadas se incrementan, las plantas comienzan a evapo-transpirar con exceso y se marchitan e incrementa la ocurrencia de incendios forestales.

Fenómenos tales como las tormentas eléctricas y vientos, se presentan en el municipio con un grado de riesgos bajo, presentándose en promedio dos tormentas al año y vientos máximos de hasta 60 km/h, no obstante se pueden presentar colapso de espectaculares y estructuras flexibles sin diseño o mantenimiento.

Cuadro 33. Resumen de grados de riesgo y vulnerabilidad para fenómenos hidrometeorológico.

Fenómeno	Riesgo			Vulnerabilidad		
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
Huracanes						
Ondas tropicales						
Altas temperaturas						
Vientos						
Inundaciones						
Sequías						
Tormentas eléctricas						

26% de la población es menor a 15 años de edad y 8.9% es mayor a 64 años.

### 6.2.10. Caracterización sociodemográfica del área de influencia del río Sabinal en riesgo por inundación

Al margen del río Sabinal, se encuentran 182 manzanas en la superficie identificada como en riesgo de inundación distribuyéndose en la ciudad de la siguiente manera:

#### Zona Norte-Oriente

Se ubican 71 manzanas; sus características sociodemográficas de acuerdo a lo reportado por el Censo de Población y Vivienda 2005, se resumen en el Cuadro 34 y son:

La población es de 7,082 personas, de las cuales cerca del 52% son mujeres y el 48% hombres. Por otra parte, cerca del

Se identifican en la zona 2,047 hogares, de los cuales el 79% son de tipo familiar predominantemente nucleares. De las 1,963 viviendas que se ubican en esta aérea, 97.9% disponen de piso firme, madera, mosaico u otro material y 2.1% tienen piso de tierra. En cuanto al equipamiento de bienes domésticos, 87.8% de las viviendas tiene televisión, 80.7% refrigerador, 55.3% lavadora y 32.2% computadora.

De acuerdo a la estructura de oportunidades y el nivel de carencias sociales determinado por el Conapo, en el año 2005 esta zona registraba predominantemente un grado de marginación bajo en primer término, seguido de otras áreas con marginación muy baja.

Cuadro 34. Caracterización sociodemográfica del área inundable al margen del río Sabinal.

Zonas	Área de influencia del Río Sabinal						Área de riesgo		
	Número de manzanas	Número de viviendas	Personas			Hogares	Grado de marginación predominante	Número de viviendas	Personas
			Total	Hombre	Mujer				
Total	182	6232	22754	10893	11861	6641	Bajo-muy bajo	7281	2463
Norte-Oriente	71	1963	7082	3409	3673	2047	Bajo-muy bajo	2853	840
Norte-Poniente	59	2226	7461	3495	3966	2289	Bajo-muy bajo	2550	900
Sur-Poniente	52	2043	8211	3989	4222	2305	Medio-alto	1878	723

Fuente: estimaciones propias con datos del INEGI. II Censo de Población y Vivienda 2005. Tabulados básicos. Conapo 2006, Índice de Marginación Urbana 2005. Base de datos.

Por lo que respecta a la estructura productiva, de acuerdo a lo reportado por el Censo Económico 2009, se cuenta con 60

establecimientos económicos dedicados al comercio, industria manufacturera y servicios, ubicados principalmente en el barrio San Jacinto, Colonia Centro, La Pimienta, Santo Domingo, Infonavit Grijalva, Fraccionamiento El Vergel y Ciudad Deportiva. Por el tamaño del negocio sobresale una empresa ubicada en la 5ª Norte, que se dedica a la fabricación de productos de vidrio empleando a más de 50 personas. Le siguen tres empresas con más de 10 y hasta 50 personas ocupadas; dos de ellas dedicadas al comercio de materiales para la construcción y la otra al comercio al por mayor de equipo de telecomunicaciones, fotografía y cinematografía. La ubicación de las dos primeras es en la 5ª y 6ª Norte respectivamente, mientras que la última se encuentra sobre la 1ª Poniente Norte. El resto de los establecimientos emplean a menos de 11 personas.

Cabe destacar que dentro de esta zona se identifican las siguientes escuelas: Instituto Tecnológico del Centro (educación media-superior); Escuela Primaria del Estado Francisco I. Madero; Escuela Primaria Ángel Albino Corzo; Colegio de Bachilleres Plantel 13; Jardín de Niños Ignacio Allende; Centro de Estimulación Temprana y Rehabilitación Física y el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (Incubadora Social).

Se encuentran con mayor vulnerabilidad y exposición al peligro una población estimada de 2,853 personas, que corresponde a los habitantes de viviendas establecidas a 5 metros del caudal del río.

### Zona Norte-Poniente

En 59 manzanas se concentran 7,461 personas y poco más del 53% de la población es del sexo femenino y 47% del sexo masculino. La población menor a 15 años es de 20%, mientras que los mayores de 64 años participan en la estructura de la población con 11.2%. Esta área tiene 2,289 hogares, de los cuales 81% son de tipo familiar principalmente nuclear.

Las 2,226 viviendas ubicadas en la zona tienen piso firme y otros materiales en un 98.8%. El restante 1.2% tienen piso de tierra. El equipamiento de bienes domésticos es como sigue: 92.5% de las viviendas disponen de televisión, 89% de refrigerador, 64.7% de lavadora y 45.9% tiene computadora.

El Conapo determinó que en el año 2005, los grados predominantes de marginación fueron bajo, seguido de otras áreas con marginación muy baja y media.

Se encuentran ubicados en esta zona 39 establecimientos económicos en su mayoría ubicados en el Centro y Barrio Colón, pero también en las colonias Laguitos, Moctezuma, San Isidro Buenavista, Bonampak, Rincón de Los Lagos. Los mayores negocios en esta zona son dos empresas que tienen un rango de 101 a 250 personas empleadas. El primero de ellos se dedica al comercio al por mayor de leche y otros productos lácteos y está instalada sobre la 5ª Norte a la altura de la carretera Tuxtla-Chicoasén. El segundo establecimiento tiene como giro la purificación y embotellado de agua y está ubicado en la colonia Los Laguitos.

Le siguen en orden de importancia por el tamaño cinco empresas, una de ellas que emplea entre 51 y 100 personas, cuyo giro es el comercio al por mayor de mobiliario y equipo de oficina y se localiza sobre la 5ª Norte en el Centro.

De las restantes cuatro, dos de ellas también se encuentran en la misma zona y se dedican por una parte al comercio al por mayor de materiales metálicos para la construcción y a la manufactura y por otra a la elaboración de hielo. Los otros dos negocios se encuentran en el fraccionamiento Bonampak, a la altura de la 15ª Poniente Norte y el otro en Rincón de los Lagos sobre la carretera Tuxtla-Chicoasén. Los giros de estos negocios son: comercio al por mayor de productos farmacéuticos y la impresión de formas continuas y otros impresos, respectivamente.

Los centros educativos instalados en esta zona son: Jardín de niños y niñas del Estado Fidelina Rincón; Escuela Primaria Gustavo Díaz Ordaz; Instituto Nacional de Estudios Fiscales A. C. (licenciaturas y postgrados), Universidad Linda Vista;

Escuela David Gómez (primaria); Preparatoria 4; Preparatoria 2; y Jardín de niños y niñas María Montessori. Por encontrarse residiendo muy cerca del límite del río, la población estimada en situación de peligro asciende a 2,250 personas.

### Sur-Poniente

En el sur poniente hay 52 manzanas con 8,211 residentes, siendo 51% mujeres y 49% hombres y una población menor de 15 años de 28% y mayor de 64 años de 7.3%. Los hogares son 2,191, identificándose en poco más del 86% hogares familiares.

De las 2,043 viviendas, 95.6% tienen piso firme y otros materiales diferentes a la tierra. Las viviendas disponen de los siguientes bienes domésticos: televisión 85.6%, refrigerador 78.5%, lavadora 55.2% y computadora 27.2%.

En esta zona coexisten distintos grados de marginación, siendo predominante la marginación con grado medio, seguido de las áreas que reportan grado alto y muy bajo.

Se ubican 34 negocios, ubicados en las colonias Terán, El Campanario, La Gloria, La Herradura, Ampliación Sur de Plan de Ayala. Uno de los mayores establecimientos tiene hasta 50 personas trabajando y se dedica a la purificación y embotellado de agua establecido en la 3ª Norte Poniente, Terán. Otra empresa de fabricación de concreto se ubica en la colonia La Gloria, calle Rosario Sabinal.

Las escuelas establecidas son: Escuela Primaria del Estado Enrique Rodríguez Cano; Preparatoria Abierta IPCH; y el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. La población identificada con mayor riesgo asciende aproximadamente a 1,878 personas, por los criterios anteriormente mencionados.



### 6.2.11. Síntesis de peligros hidrometeorológicos

Como se ha anotado en los apartados anteriores, se puede apreciar que el municipio, pero sobre todo la ciudad de Tuxtla Gutiérrez se encuentra en una situación vulnerable por la asociación de riesgos en determinadas zonas, pero principalmente en las cercanías del cauce del río Sabinal y sus afluentes (ver Figura 117). Lo anterior debido a la concentración de población, vivienda, equipamiento e infraestructura y la zona de influencia del valle y partes bajas de la cuenca.



Figura 117. Síntesis de peligros hidrometeorológicos.

En la Figura 117 se puede apreciar esta asociación de peligros hidrometeorológicos, la cual es necesario contrastar con relación a la propuesta de la carta urbana de Tuxtla Gutiérrez 2007-2020 y sus propuestas de uso de suelo habitacional y densidades constructivas permisibles.

Lo anterior, para extremar las precauciones, aplicar estrictamente la Ley de Fraccionamientos e incluso proponiendo la adecuación del reglamento de construcciones y elaboración de normas técnicas.

El Programa de Ordenamiento de la Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez (que se refiere a la conurbación de la capital del estado con las ciudades de Chiapa de Corzo y Berriozábal), propone la inversión y desarrollo en las regiones II) Valles-Zoque, III) Mezcalapa, IV) De Los Llanos que antes conformaban la región Centro, para efectos de equilibrar el proceso de desarrollo regional y rural, con el urbano y evitar la concentración de población, equipamiento e infraestructura en la capital del estado y con ello reducir la vulnerabilidad y los riesgos por fenómenos naturales.

Es imperante la instrumentación del río Sabinal, para tener tiempo de actuar frente a la precipitación de cualquiera de los periodos de retorno señalados, adicionalmente es sumamente importante que se busque como manejar los escurrimientos pluviales en los distintos fraccionamientos y no sólo trasladar el problema a los que se ubican aguas abajo.

Los peligros hidrometeorológicos actúan de manera compleja en muchos de los casos y deben atacarse en conjunto, ya que el catalizador generalmente es el agua, la deforestación y el cambio de uso de la ladera, hace que las lluvias que producen inundaciones sean de menor cantidad de milímetros y que el tiempo de duración de la precipitación sea menor.

En este trabajo se han presentado diversos proyectos, sin embargo, de no hacerse un manejo integral de la cuenca y educación ambiental de los ciudadanos, difícilmente se podrán enfrentar las cada vez más frecuentes inundaciones.

## VII. SÍNTESIS DEL GRADO VULNERABILIDAD POR FENÓMENOS PERTURBADORES EN EL MUNICIPIO DE TUXTLA GUTIERREZ<sup>17</sup>

### 7.1 Metodología de cálculo del índice de vulnerabilidad social por colonia

Siendo la vulnerabilidad la predisposición a ser afectado por un agente perturbador de origen natural o social (CENAPRED, 2001), el grado de vulnerabilidad tiene como objetivo identificar en este caso, la propensión que tienen las colonias de Tuxtla Gutiérrez a ser afectadas por fenómenos naturales o sociales. Su cuantificación se realiza mediante el índice de vulnerabilidad general, que es un indicador compuesto de tres dimensiones o tipos de vulnerabilidad: física, demográfica y socioeconómica.

La selección de la colonia como la unidad de análisis, se derivó de la falta de información previa que existe en diversos indicadores y del tiempo para desarrollar el documento, no obstante lo anterior para los fenómenos perturbadores que presentan mayores daños como sismos, inundación y procesos de remoción en masa, se indican zonas específicas de acción inmediata por parte de las autoridades y la sociedad. La precisión de la unidad de análisis a elementos más puntuales se entiende como una evolución natural del Atlas y la necesidad de seguir trabajando para lograr un documento cada vez más completo y eficaz en la gestión del riesgo y el ordenamiento territorial de la ciudad capital.

Para estimar los tipos de vulnerabilidad se integraron una serie de indicadores referidos a la estructura, densidad y condición socioeconómica de la población y las características físicas de las viviendas de cada colonia del municipio en mención. Los indicadores que integran cada tipo de vulnerabilidad se muestran en el Cuadro 35 y son los siguientes:

Cuadro 35. Indicadores tomados para evaluar la vulnerabilidad.

Tipo de vulnerabilidad	Indicador
Vulnerabilidad Física	1 % Viviendas con un solo dormitorio
	2 % Viviendas sin ningún bien (radio, televisión, refrigerador, lavadora, automóvil, computadora, teléfono fijo, celular ni internet)
	3 % Viviendas con pisos de tierra
	4 Factor de afectación de daños previos en las viviendas
Vulnerabilidad Demográfica	1 Densidad de población
	2 % Población menor de 12 años
	3 % Población mayor de 60 años
Vulnerabilidad Socioeconómica	1 % Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela
	2 % Población de 15 y más sin secundaria terminada
	3 % Población sin derechohabiencia
	4 % Viviendas sin refrigerador
	5 % Viviendas sin agua entubada
	6 % Viviendas sin drenaje

<sup>17</sup> En el presente apartado se incluyen para su mejor consulta el grado de vulnerabilidad por fenómenos perturbadores de origen natural en el área de estudio, una vez que se han presentado en los apartados correspondientes.

### 7.1.1. Vulnerabilidad física

La estimación de la vulnerabilidad física, se asocia con indicadores de materiales de construcción precarios en las viviendas, debido a que en casos de desastres naturales son estas las que son mayormente afectadas o a la presencia de daños previos en los diversos sistemas constructivos.

Ante la falta de información reciente de la cantidad de viviendas construidas con materiales precarios en techos y paredes, se utilizó como variables representativas a las viviendas con piso de tierra, con solo un cuarto dormitorio y sin bienes domésticos. Lo anterior, considerando que por los bajos niveles de ingresos de sus habitantes, hay una estrecha relación entre las viviendas sin piso firme, de menor tamaño y sin equipamiento, con aquellas con están construidas con materiales de desecho, lámina de cartón, asbesto y metálica, carrizo, bambú, palma, barro, bajareque, madera y adobe en paredes; y material de desecho, lámina de cartón, asbesto y metálica, palma, tejamanil, madera y teja en techos.

Adicionalmente se hizo un recorrido por todas las colonias de la ciudad y se identificaron aquellas colonias donde la mayoría de viviendas tenían un daño previo importante, en esos casos el índice de vulnerabilidad física se afectó por tres, mientras que las colonias que tenían un daño moderado por dos. Los datos de campo se complementaron con análisis histórico de daños por fenómenos naturales. A continuación se presenta una relación de las colonias afectadas por estos índices:

- Colonias cuyo índice de vulnerabilidad física se afectó por tres: 6 de Junio, Lomas del Oriente y Ampliación Lomas del Oriente, Los Pájaros, Paseos del Bosque, Potinaspak, Ribera Cerro Hueco, Coquelexquitzan, Cueva del Jaguar, Infonavit Grijalva, El Taray,

Fovissste Mactumatzá, La Reliquia, Real del Bosque, Zoque, Residencial Mactumatzá.

- Colonias cuyo índice de vulnerabilidad física se afectó por dos: Barrio Colón, Magueyito, Guadalupe, Juy-Juy, Niño de Atocha, San Francisco, San Roque, Santo Domingo, Tzocotumbak, Caleras Maciel, Calvarium, Campestre El Arenal, Campestre las Granjas, 12 de Noviembre, 13 de Mayo, 5 de Mayo, Adonahí, Agua Azul, Albania Alta, Albania Baja, Altos del Sur, Ampliación Loma Bonita, Ampliación San Pedro, Ampliación Terán, Terán, San José Terán, Arboledas, Bienestar Social, Bonampak, Bosques del Sur, Bulevares, Buenavista, Castillo Tielmans, Colinas del Sur, Democrática, Diana Laura, El Brasilito, El Calichal, El Mar Tzeltzer, El Retiro, Francisco I. Madero, Higo Quemado, Industrial, Infonavit El Rosario, Jardines del Norte, Juan Crispín Juárez, La Condesa, La Ideal, La Salle, La Victoria, Las Américas, Las Granjas, Las Palmas, Linda Vista Shanka, Loma Bonita, Los Capulines, Los presidentes, Maya, Mirador, Moctezuma, Nueva Jerusalén, Paso Limón, Patria Nueva de Sabines, Penipak, Periodista, Plan de Ayala, Potrero Mirador, Romeo Rincón, San Isidro Buenavista, San José Libramiento, Solidaridad, Unidad Chiapaneca, Copoya, El Jobo, Los Laureles, Paraíso, Ampliación el Puente, Bonanza, Buenos Aires, Centenario, Colonial Jardín, El Campanario, El Bosque, El Vergel, Flamings, Fovissste, FSTSE, Guadalupe, Jardines de Tuxtla, Joyas del Oriente, La Esmeralda, La Gloria, La Herradura, La Ilusión, La llave, La Misión, Las Águilas, Los Laureles, Los Tulipanes, Lum-Ha, Monte Azul, Orquídea, Rincón de la Florida, Rincón de Los Lagos, Sabines, San Francisco Sabinal, San Martín, Solidaridad Chiapaneca, Villa Blanca, Villas de Monte Cristo,

Zavaleta, El Rosario, Josefa Garrido, Lomas del Sur, Lomas del Venado, Mexicanidad Chiapaneca, Miravalle, Nueva Esperanza, Pomarroza, Puesta del Sol, San Jacinto, Santa María La Rivera, Santo Domingo, Tres Marías, Villas de Catazajá y Vista Hermosa.

El tener una afectación de tres en su índice de vulnerabilidad representa que más del 50% de las viviendas de esa colonia cuentan con diversos niveles de daño, por lo que es imperante actuar para reducir el riesgo. Las colonias cuyo índice se afectó por dos, son colonias que en su mayoría se ubican en zonas inundables o laderas con altos niveles de erosión, por lo que buena parte del inventario de viviendas han estado expuestas a estos fenómenos naturales de manera recurrente, por lo que requieren de mayor mantenimiento para no reducir su capacidad de tomar esfuerzos.

En los anexos 13.10 se describen las fichas metodológicas de la estimación de los indicadores de este tipo de vulnerabilidad. En la Figura 118 se presenta el mapa que contiene la vulnerabilidad física resultante.

### 7.1.2. Vulnerabilidad demográfica

Este tipo de vulnerabilidad considera dos variables: una de ellas, la densidad de población, se retoma en el entendido que cuando los habitantes de un área geográfica se concentran en un área limitada, una amenaza natural puede tener un impacto mayor, pero también presenta la ventaja que los servicios o atención que se requieran se pueden llevar a mayor cantidad de personas.

La otra variable se refiere al peso que en la población total registran los habitantes que por su edad pudiera considerarse dependientes tanto en su manutención como en cuidados (menores de edad y adultos mayores), lo cual incidiría en la movilidad y capacidad de organización de la población en general.

En los anexos 13.10 se describen las fichas metodológicas de la estimación de los indicadores de este tipo de vulnerabilidad. En la Figura 119 se presenta el mapa que contiene la vulnerabilidad demográfica resultante, la cual es complemento de la vulnerabilidad social.

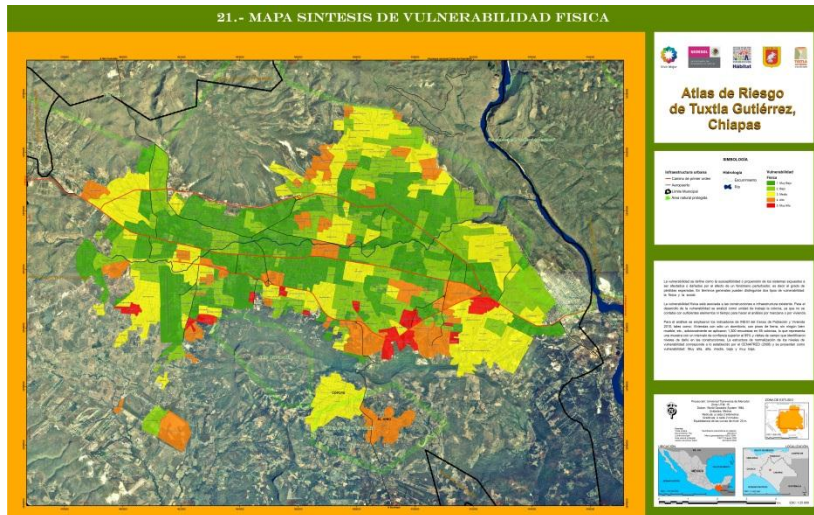


Figura 118. Vulnerabilidad física en Tuxtla Gutiérrez.

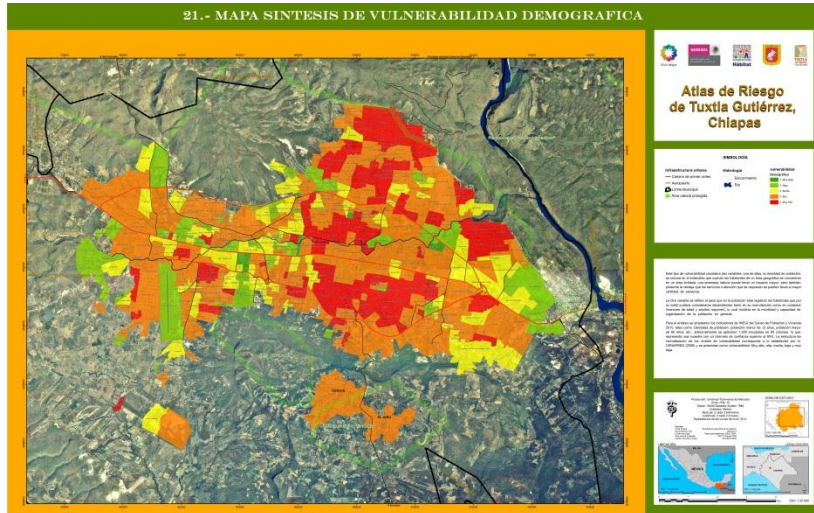


Figura 119. Vulnerabilidad demográfica en Tuxtla Gutiérrez.

### 7.1.3. Vulnerabilidad socioeconómica

El concepto de vulnerabilidad social se ha relacionado estrechamente con estudios de pobreza y marginación (CENAPRED, 2006), debido a que gran parte de las condiciones de vulnerabilidad de una población dependen directamente del nivel de desarrollo que tenga esta, y a su vez, el desarrollo de la misma está en función del acceso de bienes y servicios públicos, oportunidades educativas y de salud.

Las variables consideradas del índice de vulnerabilidad socioeconómica corresponden en su mayoría a las que integran el índice de marginación urbana atendiendo al carácter predominantemente urbano de Tuxtla Gutiérrez como municipio, y a que la estimación de la marginación integra carencias de la población y sus viviendas en las dimensiones de educación, salud y calidad, servicios y equipamiento en las

viviendas, asociadas a un espacio geográfico; cumpliendo a la vez la contemplación de esos mismos elementos sugeridos en la “Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos”.

En los anexos 13.10 se describen las fichas metodológicas de la estimación de los indicadores de este tipo de vulnerabilidad. En la Figura 120 se presenta el mapa que contiene la vulnerabilidad socioeconómica resultante.

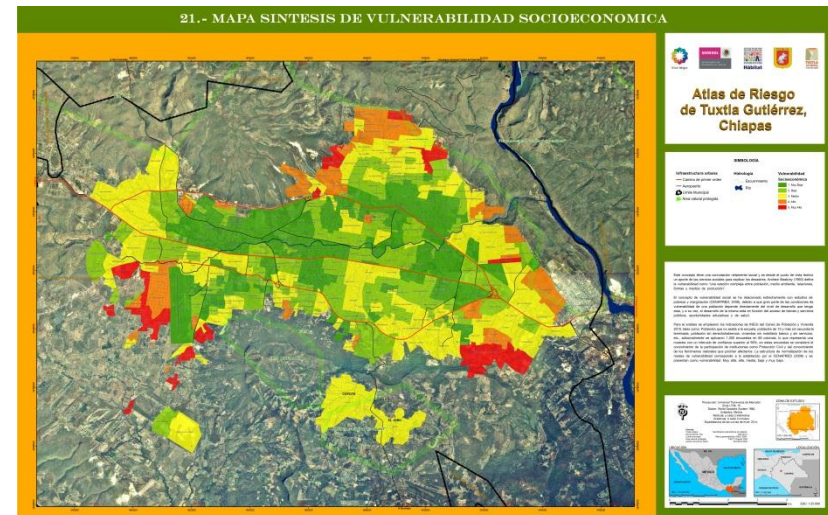


Figura 120. Vulnerabilidad socioeconómica en Tuxtla Gutiérrez.

### 7.1.4. Vulnerabilidad global

Para obtener la condición de vulnerabilidad global se aplicó la técnica estadística de estratificación de Dalenius & Hodges, que consiste en ordenar y clasificar los valores disponibles de cada indicador en una tabla de distribución de frecuencias según su rango, permitiendo agrupar los valores en estratos

diferenciados de: muy baja, baja, media, alta y muy alta condición de vulnerabilidad. Con los resultados obtenidos se realizó la asignación de valores 0, 0.20, 0.40, 0.60, 0.80 y 1, dependiendo del estrato obtenido. El índice de vulnerabilidad de cada componente se obtuvo promediando los valores asignados para cada indicador.

Finalmente para integrar el grado de vulnerabilidad se sumaron los productos resultantes de la multiplicación de cada componente con su respectivo ponderador, para lo cual se le dio un peso del 25%, tanto a la vulnerabilidad socioeconómica como a la vulnerabilidad demográfica y a la vulnerabilidad física un peso del 50%, quedando de la siguiente forma:

$$VF = (\text{Indicador 1} + \text{Indicador 2} + \text{Indicador 3}) / 3 * \text{FADP}$$

$$VD = (\text{Indicador 1} + \text{Indicador 2} + \text{Indicador 3}) / 3$$

$$VS = (\text{Indicador 1} + \text{Indicador 2} + \dots + \text{Indicador 6}) / 6$$

$$VG = (VF * 0.50) + (VD * 0.25) + (VS * 0.25)$$

Donde:

VG = Es el grado de Vulnerabilidad General

VF = Resultado del indicador de vulnerabilidad física

VD = Resultado del indicador de vulnerabilidad demográfica

VS = Resultado del indicador de vulnerabilidad socioeconómica

FADP = Factor de Amplificación por Daño Previo.

El valor obtenido representa el índice de vulnerabilidad global de la población en los tres aspectos considerados. El rango de medición va de 0 a 1, donde 0 representa el grado más bajo de vulnerabilidad y 1 representa el valor más alto.

Para la clasificación cualitativa de este valor mediante una escala de valoración se procede de acuerdo a lo sugerido en

la “Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, en su apartado de Vulnerabilidad Social”, lo cual se expresa en el cuadro 36 y se muestra en la Figura 121.

Cuadro 36. Rangos cualitativos de vulnerabilidad.

Valor final	Grado de vulnerabilidad
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

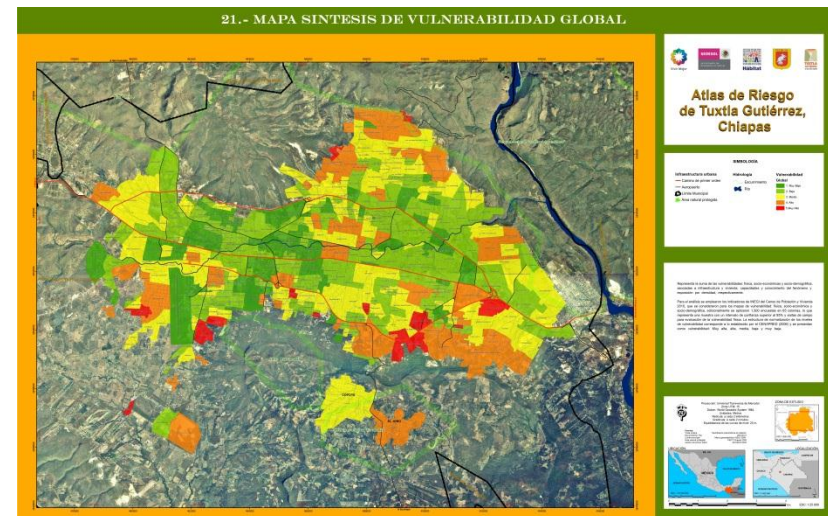


Figura 121. Vulnerabilidad global en Tuxtla Gutiérrez.

### VIII. SÍNTESIS DEL GRADO DE RIESGO POR FENÓMENOS PERTURBADORES EN EL MUNICIPIO DE TUXTLA GUTIERREZ<sup>18</sup>

#### 8.1 Metodología para determinar el nivel de riesgo por fenómenos geológicos e hidrometeorológicos en Tuxtla Gutiérrez

La metodología empleada para determinar el riesgo siguió de manera sintetizada los siguientes pasos:

Paso 1. Verificación de las 15 capas de peligros. El formato es shape file, así como la proyección espacial. Todas deben corresponder espacialmente para posteriormente poder hacer el cruce de capas.

Paso 2. Revisión de la integridad de las tablas de atributos. Cada capa debe contener un mínimo de campo (columnas) en la tabla de datos. Estos campos corresponden al tipo de peligro, se depuraron eliminando aquellas columnas innecesarias.

Paso 3. Creación del rank para cada fenómeno (peligro), a través de la edición de la tabla de atributos de cada capa. Los ranks propuestos son resultado del nivel de peligrosidad para la ciudad de cada fenómeno y se muestran en el Cuadro 37.

Paso 4. Se realizó el cruce del rank de cada peligro con la capa de colonias por medio del algebra de mapas (identity) usando el programa Arc Map ver. 9.3.

<sup>18</sup> En el presente apartado se incluyen para su mejor consulta el grado de riesgo por fenómenos perturbadores de origen natural en el área de estudio, una vez que se han presentado en los apartados correspondientes.

Cuadro 37. Rank de peligrosidad por fenómeno natural en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Fenómenos geológicos		Fenómenos hidrometeorológicos	
Sismos	10	Inundaciones	10
Flujos	9-7	Tormentas eléctricas	3
Fracturas	6	Sequías	3
Fallas	5	Altas temperaturas	2
Deslizamiento	5-4	Viento	2
Hundimiento	4	Ondas tropicales	2
Vulcanismo	2	Huracanes	1
Derrumbes	3	Nevadas	1
Erosión	2		
Tsunamis	1		

Paso 5. Depuración de tablas de capas combinadas. Derivado del paso anterior se crean algunas columnas extras innecesarias las cuales se limpiaron.

Paso 6. Combinación de todos los peligros geológicos o hidrometeorológicos que afectan a cada colonia para obtener una capa conglomerada de peligros y sumatoria de rank por cada grupo de peligros para obtener el rank general.

Paso 7. Conversión de polígonos múltiples a polígonos simples para poder hacer posteriormente el cálculo de superficies afectadas por colonia, por cada uno de los fenómenos.

Paso 8. Cálculo de superficies de cada segmento de colonia (polígono) con el programa Arc View y la extensión Xtool.

Paso 9. Cálculo de porcentaje de área afectada respecto de la superficie total de cada colonia.

Paso 10. Conversión de tablas de datos de cada capa a Excel para su manejo con las tablas dinámicas, para obtener una tabla con ids de colonias, porcentaje de área afectada y rank total de todos los peligros.

Paso 11. Conversión de las tablas de atributos para su manejo en el programa MS Access. Este programa permite realizar consultas de datos, relaciones y condicionales para obtener precisamente: “el porcentaje mayor de área afectada por colonia + el rank acumulado de peligros que le corresponde a ese polígono”. Una vez elaborada esta tabla de datos se exporta nuevamente a Excel, de este se exporta a un archivo de texto delimitado por tabulaciones que finalmente se podrá desplegar en el programa de SIG Arc Map.

Paso 12. En Arc Map y una vez desplegada la tabla del paso anterior se pudo relacionar con la capa de colonias (Join) generando una nueva capa de colonias conteniendo el porcentaje mayor de área afectada por colonia + el rank acumulado de peligros que le corresponde a ese polígono.

Paso 13. Construcción del índice de peligro para cada grupo de peligros usando la siguiente fórmula: (Porcentaje de área afectada por colonia) \* (el rank acumulado de peligros). Consecuentemente se realizó el proceso de normalización usando el procedimiento de Dalenius.

Paso 14. Multiplicar el índice de peligro por la vulnerabilidad global obtenida.

Paso 15. Construcción del grado de riesgo para los dos grupos de peligros que se generaron.

Para la clasificación cualitativa de este valor mediante una escala de valoración se procede de acuerdo a lo sugerido en

la “Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, en su apartado de Vulnerabilidad Social”, lo cual se expresa en el cuadro 37 y se muestra en las Figuras 122 y 123.

Cuadro 38. Rangos cualitativos de riesgo.

Valor final	Grado de riesgo
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

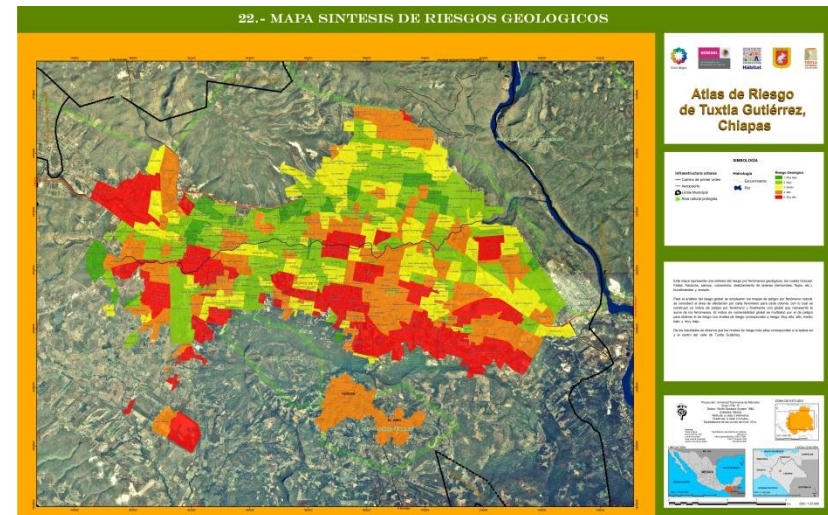


Figura 122. Mapa síntesis de riesgos geológicos en Tuxtla Gutiérrez.

Colonias de la ciudad con riesgo alto y muy alto por fenómenos geológicos: Bonanza, El Jobo, Copoya, Cuchilla Santa Rosa, Camellón, Capulín, El Pósito, La Caoba, Zequeno, Los Cocos, Altos del Sur, Tierra Negra, 6 de Junio,



7 de Abril, Privada El Pedregal, Lomas del Oriente, Ribera Cerro Hueco, Francisco I. Madero, Ideal, La Esmeralda, 2 de Febrero, Cueva del Jaguar, Las Limas, Poeta Sábines, Joyas del Oriente, Los Trabajadores, El Paraíso, La Azteca, Loma Bonita, Potrero Mirador, Revolución, Coquelesquistan, San Juan, La Reliquia, El Aguacate, El Roble, Balcones del Sur, Jardines del Oriente, Colinas del Sur, Bonampak, California, Los Pájaros, Benito Juárez, Belisario Domínguez, Los Mangos, Las Brisas Oriente, Higo Quemado, Industrial, Mactumatzá, Maldonado, Lomas del Venado, Caminera, Lomas de Mactumatzá, El Salvador, Moderna, Bosques del Sur, Lomas del Sur, La Misión, Orquídeas, Las Lomas, Santa Ana, Alianza Campesina, Ampliación el Puente, Diana Laura, Lindavista, La Salle, Romeo Rincón, Calvarium, Zoque, Bienestar Social, Mercedes, Mexicanidad Chiapaneca, Solidaridad Chiapaneca, Santa Cruz, Manuel Molano, Belén, Obrera, San Francisco, Los Presidentes, Castillo Tielmans, San José Terán, Santa María La Rivera, Infonavit Solidaridad, Fovissste del Puente, El Sabinito, Fovissste, Los Pinos. Los Choferes, Penipak, Mirador, Tzocotumbak, Ampliación Terán, El Triunfo, San Roque, San Patricio, 13 de Julio, Santa Cecilia, Los Tulipanes, Buenos Aires, Militar, Las Palmas, Comitán, Campestre Arenal, Flamings, El Carmen, Periodista, Zavaleta, Flamboyán, Arboledas, Urcil, Hidalgo, El Vergel, Villas de Catazajá, Terán. La Herradura, Barrio Santo Domingo, Jardines de Tuxtla, Residencial Campestre, San Francisco Sabinal, Las Flores, Barrio Guadalupe, Esmeralda, Jardín Colonial, Patria Nueva, San Jacinto, Rincón de los Lagos, Barrio Juy-Juy, Barrio Colón, Brasilia, Los Sauces, Lum-Ha, Altavista, Paso Limón, El Bosque, Vista Hermosa, Unidad Chiapaneca, Maya, La Gloria, Niño de Atocha, Juan Crispín, Asturias, El Mirador, El Calichal, Infonavit Rosario, Monte Azul, La Llave, Belisario Domínguez, Centenario Tuchtlán, Tres Marías, Albania Baja, La Victoria, Nueva Jerusalén, Plan de Ayala, La Chacona, La Condesa, Las Granjas Oriente, La Esperanza, Los Limones, Las Granjas,

Los Ángeles, Jardines del Norte, Real del Bosque y Nueva Jerusalén.

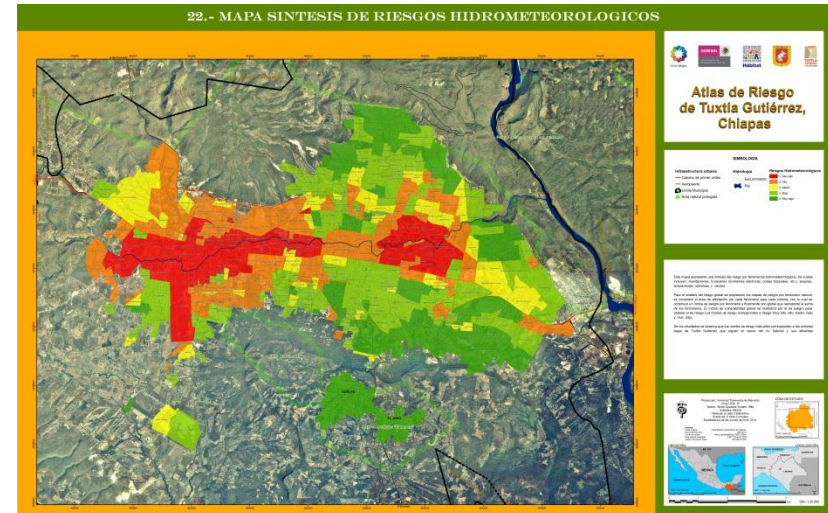


Figura 123. Mapa síntesis de riesgos hidrometeorológicos en Tuxtla Gutiérrez.

Colonias de la ciudad con riesgo alto y muy alto por fenómenos hidrometeorológicos: Capulín, Los Cocos, Ideal, Los Ranchos, Arroyo Grande, La Pradera, Primavera, Puesta de Sol, Los Olivos, Bella Vista, Infonavit Solidaridad, El Puente, Jardines de Buenavista, Alianza Campesina, Alianza Popular, Militar, Los Tamarindos, Las Cumbres, Solidaridad Chiapaneca, Loma Verde, San José Libramiento, Buenaventura, Los Presidentes, Monserrat, Infonavit Solidaridad, Villas La Salle, Montes Azules, Linda Vista, La Gloria, Universitario, Mactumatzá, Villa del Rey, Xamaipak Popular, El Diamante, Las Terrazas, Magisterial, Joyas del Campestre, Los Tucanes, Terán, Ampliación Terán, El Triunfo, Bugambilias, El Arenal, San Roque, San Patricio, Las Anonas, Los Tulipanes, San José Terán, Buenos Aires, Las Palmas, La

Lomita, Buena Ventura, Santa Elena, Las Canoítas, Viva Mejor, Fortaleza Aramoni, Bugambilias, Poliforum, Campestre, Real del Bosque, Flamings, El Carmen, Periodista, Zavaleta, La Gloria, Flamboyán, Tzogatumbal, Electricistas, Granjas Urcil, Parque Madero, Santos, San Marcos, Hidalgo, El Vergel, Bonampak, Villas de Catazajá, La Herradura, Barrio Santo Domingo, Arboledas, La Joya, Jardines de Tuxtla, Bulevares, La Granja, Magdalena, Residencial Campestre, El Brasilito, San Francisco Sabinal, Las Flores, Villa del Río, Barrio Guadalupe, El Magueyito, Moctezuma, Esmeralda, Convivencia Infantil, Rinconada del Sur, Fovissste Los Laureles, Villas de Montecristo, La Pimienta, San Francisco Sabinito, Los Sabinos, Plan de Ayala, Las Brisas, San Jacinto, Campanario, Rincón de los Lagos, Bulevares, San Martín, Juy-Juy, Colón, Brasilia, Los Cafetales, Los Sauces, Lum-Ha, San Isidro, Parque de la Mujer Soldado, San Isidro Buenavista, Los Laguitos, Paso Limón, Covadonga, Malibú, Gobernadores, Monte Bello, El Bosque, Las Bugambilias, Villa Misol-Ha, Buena Vista, Los Laureles, Unidad Chiapaneca, Infonavit Grijalva, Villa Tzisco, Maya, Alborada, Continental, Penipak, Rincón de la Florida, La Hacienda, Nueva Delicias, El Calichal, Infonavit Grijalva, Miramar, La Joya, Monte Real, La Arbolera, Pedregal, Ladera de la Loma, 1º de Mayo, San José Yeguiste, Agua Azul, Monte Azul, San José Chapultepec, Haciendas de México, Atenas, Los Manguitos, Las Canteras, San Jorge, Nuevo Mirador, Paraíso, San Pedro Progresivo, Nuevo Edén, Francisco Villa, El Valle, SAHOP, Tres Marías, La Esperanza, Renovación, Pedregal San Antonio, Burócrata, Morelos, La Chacona, Feria Chiapas y Magisterial.

## IX. SÍNTESIS DEL GRADO O NIVEL DE RIESGO, PELIGRO Y VULNERABILIDAD POR FENÓMENOS PERTURBADORES EN EL MUNICIPIO DE TUXTLA GUTIERREZ<sup>19</sup>

### 9.1 Fenómenos geológicos

#### 9.1.1. Vulcanismo

En conclusión, las erupciones del volcán Chichón, principalmente del tipo Pliniana, tienen un período de retorno de 500 años aproximadamente. De los peligros generados por este tipo de actividad, la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, se ve afectada por depósitos de ceniza del orden de no más de una decena de centímetros.

Si bien esta cantidad de ceniza en la actualidad representa un riesgo bajo en la población, debido a los mecanismos de socorro, ayuda y atención médica, la vulnerabilidad de los sistemas de drenaje, las viviendas con techos endebles o que no se limpian los bajantes pluviales con regularidad, infraestructuras de servicios y comunicaciones terrestres, aéreas y de radio, vegetación y las cuencas de los ríos Sabinal y Grijalva, incrementan los niveles de riesgo.

El monitoreo y estudio del vulcanismo chiapaneco, con especial énfasis en los volcanes Chichón y Tacaná, debe ser una de las prioridades de los centros de investigación estatal y nacional, con la finalidad de anticipar un evento eruptivo. El monitoreo debe ser en tiempo real y comunicado en línea a la población para estar mejor preparados.

<sup>19</sup> En el presente apartado se incluyen para su mejor consulta el grado de vulnerabilidad, peligro o riesgo por fenómenos perturbadores de origen natural en el área de estudio, una vez que se han presentado en los apartados correspondientes.

De acuerdo a los resultados de Limón (2005) la vulnerabilidad social de las comunidades cercanas a los volcanes Chichón y Tacaná sigue siendo alta por el desconocimiento del fenómeno o por seguir atribuyendo las erupciones volcánicas a procesos divinos, lo cual implica que la capacitación de cada fenómeno en las escuelas y distintos eventos es una prioridad para la mitigación de los riesgos.

#### 9.1.2. Sismos

Tuxtla Gutiérrez se encuentra expuesta a un peligro sísmico alto, si bien los periodos de retorno para aceleraciones con un grado destructivo son prolongados, la mala calidad en la construcción de viviendas (autoconstrucción), se debe a la presencia de contaminantes orgánicos, pobre cimentación, falta de cumplimiento de normatividad, entre otros factores; y aunado a la deficiente planeación urbana, contribuye al incremento de la vulnerabilidad física con relación al fenómeno sísmico.

De igual manera, la vulnerabilidad social se considera elevada, no solo por elementos socioeconómicos propios, sino también debido a las afectaciones causadas por la vulnerabilidad física y la condición de crecimiento y densidad de la población en la mancha urbana.

Se concluye por tanto que, el riesgo sísmico es considerado elevado para la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, principalmente en las zonas delimitadas para el peligro. Es importante una evaluación detallada de la vulnerabilidad física de la ciudad con la finalidad de crear programas de mitigación ante el riesgo sísmico; así como la incorporación de nuevos datos y estudios al presente Atlas de Riesgos.

Respecto a la vulnerabilidad física, en este documento se reconoce la necesidad de reforzamiento de las estructuras dañadas y aquellas que tienen diez o más años de vida, mejorar el reglamento de construcción, constituir las normas técnicas complementarias del mismo y fortalecer las prácticas como la supervisión profesional externa.

Respecto al incremento de capacidades se debe continuar con las campañas de sensibilización y educación del fenómeno, continuar con los simulacros sísmicos y planes familiares de protección civil, desarrollar un proyecto de crecimiento de la ciudad considerando los riesgos y establecer una red acelerográfica en suelo y edificios importantes para la seguridad de la ciudad.

### 9.1.3. Fallas y fracturas

En conclusión, la determinación de fallas y fracturas de origen geológico o debido a hundimientos diferenciales determinadas en el presente atlas, permiten considerar al municipio de Tuxtla Gutiérrez con un nivel de peligro medio para fallas y alto para zona de fracturas.

La variación de niveles de peligro se debe principalmente a la génesis de los mismos, los fenómenos que pueden generar (sismos, procesos de remoción de masa y colapso de infraestructuras) y a los fenómenos desencadenadores (sismos regionales, lluvias, entre otros).

Con relación al riesgo, se considera elevado en márgenes inferiores a 100 m para fallas generadoras de procesos de remoción de masas y medio alto para zonas de fracturas cercanas al Sabinal y sus afluentes.

### 9.1.4. Deslizamiento

A manera de conclusión, se puede decir que existen cuatro zonas que representan un alto peligro por deslizamiento, dicha zonificación contempla las siguientes colonias: Los Pájaros, Rivera de Cerro Hueco, Paseo del Bosque, Diana Laura, Cueva del Jaguar, Lomas de Oriente, Zoque y Coquelexquitzan; todas ellas establecidas al sur poniente y sur oriente de la ciudad, las cuales tienen como límites extremos bajo un rumbo norte-sur, las laderas altas escarpadas de la Meseta de Copoya y el Libramiento Sur.

Es importante señalar que en estas áreas la dinámica del proceso se hace más notorio, debido a la gran cantidad de arroyos (4,780 – 11,124 m/km<sup>2</sup>) que surcan las laderas y que humectan el suelo expansivo y por la modificación antrópica que ha tenido el relieve.

Es imperante desarrollar estudios profundos geofísicos, geológicos, geotécnicos, etc., que permitan evaluar de manera cuantitativa la problemática de la ladera sur, evaluar la densidad de construcción que la ladera pudiera mantener de forma segura, los estudios mínimos que deberían desarrollarse para la autorización de nuevos fraccionamientos, el estado vulnerabilidad de cada uno de los existentes y la forma de construir en la ladera, así como el manejo integral de los escurrimientos, el cual no necesariamente consiste solamente en transferir el problema a los fraccionamientos que por condiciones topográficas se encuentra aguas abajo.

### 9.1.5. Derrumbes

El área de mayor peligro por derrumbes se localiza al norte de la ciudad, en las partes cumbreles de una montaña kárstica, la cual funciona como un límite natural entre la zona sur de la poligonal perteneciente al Parque Nacional Cañón del

Sumidero y el desarrollo urbano que comprende las colonias como Jardines del Norte, Las Granjas y Potinaspak. Dicha asignación se debe a la alta concentración de energía del relieve, y por la presencia de la falla geológica “Tuxtla”, ya que según los análisis morfométricos obtenidos para este estudio, dicha geoforma posee un alto valor altitudinal (1200 – 1300 m), lo cual es complementado con una fuerte disección vertical (112 – 271 m/km<sup>2</sup>) y fuertes ángulos de inclinación (> a 20°).

Para finalizar, es importante mencionar la existencia de otra área al sur de la ciudad con forma de faja la cual rodea en su perímetro norte a la Meseta de Copoya, dicha zona ha sido clasificada como susceptible a derrumbes debido a que presenta condiciones geomorfológicas similares a la anterior, sin embargo, no se ha reportado la presencia de fallas geológicas.

#### 9.1.6. Flujos

Es importante señalar que entre la zona de flujos y probables flujos existe una diferencia geomorfológica, la cual está dada por su geometría, es decir que la zona de flujos se presenta en laderas bajas con una geometría cóncava, asociadas a un escurrimiento superficial, mientras que en la zona de probables flujos las laderas presentan geometrías de tipo convexas y en muchas ocasiones no se presenta la asociación con los arroyos.

Las colonias identificadas bajo la primera condición son: Los Pájaros, Rivera Cerro Hueco, Paseo del Bosque, Diana Laura y los fraccionamientos Cueva del Jaguar y Lomas de Oriente (de estas dos últimos fraccionamientos se presenta un análisis de caso).

#### 9.1.7. Hundimientos

Los hundimientos que tienen lugar en la zona de estudio están asociados a otros fenómenos geológicos y edáficos como son la contracción y expansión de materiales arcillosos debido al cambio de humedad, la cual se acentúa por la presencia de inundaciones y el mal drenaje de estos suelos. Este tipo de fenómenos representan un mayor peligro en el lecho mayor de inundación del río Sabinal, así como en las partes bajas del piedemonte, en donde resaltan atributos del relieve de baja magnitud como pendientes bajas (< a 3°) y una alta densidad de escurrimientos (4,780 – 11,124 m/km<sup>2</sup>). Es importante señalar que en las zonas antes mencionadas, el desarrollo urbano y la presencia de grandes construcciones pueden influir en la generación de nuevos hundimientos.

#### 9.1.8. Erosión

El fenómeno de erosión que se presenta en la zona de estudio consiste en la destrucción de las rocas por procesos fluviales (Lugo, 1989); es decir, las escorrentías o arroyos que bajan de las partes altas de las montañas son el agente modelador del relieve que da origen a la formación de una red de barrancos, los cuales presentan formas largadas y angostas.

Cabe señalar que los barrancos localizados al norte y norte poniente de la ciudad en donde se localizan las colonias: Poma Rosa, Laguitos, Potinaspak, Jardines del Norte, Las Granjas, Atenas, Chapultepec, entre otras, describen dos tipos de red hidrográfica: a) radial y b) paralela. Con base a estos argumentos se piensa que la dirección de los arroyos está regida por el rumbo que manifiestan las diferentes fracturas geológicas presentes en la zona.

Por lo que respecta a los barrancos ubicados al sur – poniente y sur oriente de Tuxtla Gutiérrez, se concluye que los

barrancos presentan una forma dendrítica, por lo que existe una mayor comunicación entre las diferentes cuencas que integran la red.

Por último, el grado de peligrosidad en ambos casos es alto; sin embargo, cabe destacar que los barrancos localizados al Norte y Norte-Poniente presentan un mayor poder erosivo, ya que la mayoría de las escorrentías tienen una jerarquía menor al tercer orden de corriente (ambiente netamente erosivo), con pendientes superiores a los 20° y una disección vertical alta (112–167 m/Kkm<sup>2</sup>), situación que los hace tener la capacidad de transportar bloques y derrubios de tamaño considerable en tiempo de lluvias, los cuales son depositados en las partes bajas de la montaña en donde se localizan arterias viales de primer orden como es el bulevar Los Laguitos.

### 9.1.9. Erosión Kárstica

Este fenómeno también es conocido como hundimiento kárstico, ya que cabe la posibilidad que un terreno localizado sobre rocas calizas o dolomías presente un repentino hundimiento, debido al colapso de cuevas. A manera de conclusión, se puede decir que las zonas de mayor riesgo por este fenómeno se localizan en la zona comprendida por Copoya y El Jobo.

## 9.2. Fenómenos hidrometeorológicos

De acuerdo al análisis hidrometeorológico, el municipio de Tuxtla Gutiérrez muestra mayor vulnerabilidad a los fenómenos relacionados con la incidencia de la precipitación en su territorio, provocando inundaciones debido a un superávit, o sequías por un déficit de ésta.

Al encontrarse en la primera región matriz de nacimiento de huracanes ubicada en el Golfo de Tehuantepec y conocida a

nivel mundial como una zona ciclogénica, el municipio de Tuxtla Gutiérrez no se considera una zona con alta probabilidad de impacto de ciclones tropicales. Los huracanes en esta zona mantienen trayectorias con un movimiento general hacia el oeste-noroeste o noroeste afectando las costas del occidente de México (Triana, 2005).

Cuando los ciclones tropicales se ubican en el Golfo de México, se pueden presentar condiciones adecuadas para las lluvias torrenciales en el municipio, debido a la circulación de estos sistemas que inducen el desplazamiento al norte de la zona de convergencia intertropical y favorecen un fuerte flujo del sur o suroeste hacia el territorio chiapaneco, de forma perpendicular a la sierra bajo un efecto característico de ascenso orográfico.

Por lo anterior se considera que el municipio de Tuxtla Gutiérrez presenta un riesgo bajo ante dicho fenómeno. Sin embargo, es vulnerable a otros sistemas tropicales, como las ondas tropicales, ya que debido a la orientación que tienen del noroeste-suroeste, estos fenómenos dejan lluvias intensas en el territorio municipal, afectaciones que en su mayoría se complican por factores como la distribución de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez y la respuesta de la cuenca del río Sabinal, ocasionando daños colaterales al municipio como es el caso del fenómeno de las inundaciones.

Las zonas con mayor riesgo a presentar afectaciones por inundaciones, corresponden a ambos márgenes del cauce principal del río Sabinal y a aquellas zonas de la cuenca consideradas con pendientes altas. En estos puntos del municipio se encuentra asentada la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, lo que hace a esta zona más vulnerable a dicho fenómeno.

De acuerdo al análisis realizado y para el caso más extremo, se pueden presentar afectaciones de entre 500 y 600 m en ambas márgenes del cauce principal. Las colonias con alto riesgo a inundaciones en el caso más extremo son: Club Campestre, El Campanario, San José Terán, calle Rosario Sabinal, centro de Terán, Fovissste, Los Laguitos, Parque Caña Hueca, Colonia Moctezuma, Av. 5ª Norte (a partir de la 13ª Poniente hacia el oriente), centro de la ciudad (entre 3ª y 7ª Norte), 5 de Mayo, Parque Convivencia Infantil, fraccionamiento Francisco I. Madero, Parque del Oriente, El Bosque, Infonavit Rosario, colonia Unidad Chiapaneca, Las Palmas, La Esmeralda, Rincón de los Lagos, Lum-Ha, Portal de Hierro y El Vergel.

Las zonas con densidad de corriente entre media y alta, y pendientes entre moderadas a fuertemente inclinadas, se presentan en las siguientes colonias del lado norte de la ciudad: La Condesa, Caleras Maciel, Jardines del Norte, Las Granjas, Consorcio Buenos Aires, Albania Alta, Patria Nueva, Potinaspak y Colonias del Oriente. Del lado sur las colonias: Coquelexquitzan, Lomas del Sur, Zoque, Bosques del Sur, Jardines del Sur, Diana Laura, Residencial Mactumatzá, Puesta del Sol, Nueva Esperanza y Albores Guillén.

Por el déficit de precipitación y de acuerdo a la extensión superficial que abarca, Tuxtla Gutiérrez presenta sequías de tipo catastróficas, presentándose en el municipio con periodos de cuatro años y duración promedio entre dos y tres años. La intensidad de la sequía promedio es de 260 mm/año, es decir, cuando se presenta una sequía llueve 260 mm menos por año con respecto a la precipitación media (1,151.7 mm).

Para el caso de temperaturas altas, se tiene que en promedio la temperatura máxima anual es de 29.8°C y con registros de temperaturas máximas extremas de hasta 35°C, lo que implica una vulnerabilidad alta para ciertos días en los meses de

marzo, abril y mayo (meses más calurosos), presentándose en la población deshidratación, golpes de calor e inconsciencia y un aumento de las enfermedades. Las tolveneras y la contaminación por partículas pesadas se incrementan, las plantas comienzan a evapotranspirar con exceso y se marchitan e incrementan la ocurrencia de incendios forestales.

Fenómenos tales como las tormentas eléctricas y vientos se presentan en el municipio con un grado de riesgo bajo, presentándose en promedio dos tormentas al año y vientos máximos de hasta 60 km/h, sin embargo por la vulnerabilidad de las estructuras flexibles (espectaculares, anuncios, antenas, etc.), se han presentado accidentes en la ciudad, por lo que se recomienda hacer un inventario de las estructuras flexibles de la ciudad y su estado para evaluar el riesgo.

## X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

*“México gasta cerca de 140,000 millones de pesos para atender daños ocasionados por desastres naturales y reconstruir zonas afectadas, un exceso, debido a la falta de una política a largo plazo en materia de protección civil. Esto significa una bofetada para las finanzas públicas del país, porque por cada peso que el gobierno invirtiera en prevención se podría ahorrar 20 que hoy se gasta en reconstrucciones.”* Fernando Morales. Presidente de la Comisión de Protección Civil de la Cámara de Diputados. Fragmento de la entrevista de la revista Mundo Ejecutivo. Septiembre de 2010. México.

El **Atlas de Riesgos de Tuxtla Gutiérrez** representó el esfuerzo coordinado entre los tres órdenes de gobierno, instituciones educativas, asociaciones civiles y diversos especialistas en los temas de riesgos que conjugaron diversas opiniones, trabajos e investigaciones para darnos la representación gráfica de riesgos y peligros en Tuxtla Gutiérrez, según lo que establecen los términos de referencia de la Sedesol denominados *“Bases para la estandarización y elaboración de Atlas de Riesgos y catálogo de datos geográficos para representar el riesgo”*.

Podemos concluir que la información vertida en los mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgos, representa una poderosa herramienta para desarrollar políticas públicas para prevenir riesgos y desastres principalmente de origen natural en nuestra ciudad.

Es claro que en el tema de la agenda estatal para generar acciones de protección civil, la prevención de desastres ha tomado gran relevancia debido principalmente a la diversidad de fenómenos que pueden causar desastres en nuestra entidad y en nuestra ciudad, como lo hemos constatado a lo largo de este estudio. Importancia absoluta tiene el hecho de

reconocer y establecer objetivos, estrategias y acciones de corto, mediano y largo plazo con alcances diferentes enfocados a prevenir y mitigar daños de tal forma que podamos con el tiempo reducir el impacto económico y social en la población.

El Atlas de Riesgos de la ciudad es sin duda un gran avance en este sentido, sin embargo, todavía es un instrumento aislado dentro de las grandes necesidades y los proyectos necesarios para poder contar con una sólida estrategia de acción y no de reacción para prevenir los efectos de los fenómenos perturbadores que acontecen en una ciudad que crece a pasos agigantados.

Se requiere de la participación de todos para prevenir los desastres. Se trata de un tema tan importante para la población que no debe ser atendido únicamente con acciones de respuesta. Se debe de generar una filosofía orientada a la prevención a través de la coordinación exitosa de los centros de investigación, las asociaciones civiles, los especialistas, el gobierno del estado, el gobierno municipal e incluso la Federación tiene un papel preponderante en estos temas.

El Atlas de Riesgos persigue esta filosofía de integrar a la sociedad en un interés común, juntar esfuerzos públicos y privados para poder tener una ciudad con un desarrollo urbano sostenible y de bajo riesgo; en pocas palabras, una ciudad competitiva.

No olvidemos que una estrategia de prevención establece una serie de pasos que inciden en herramientas, equipos de medición, coordinación de esfuerzos académicos y de especialistas, recursos públicos y privados, todo esto para poder identificar en el tiempo todos los fenómenos o peligros para saber dónde, cómo, cuándo y cuánto nos afectan. Asimismo, inciden también en las capacidades



gubernamentales la coordinación de las acciones y los recursos que permitan potenciar esfuerzos en paralelo con la creación de estrategias y programas adecuados que incidan directamente en este sentido.

Después del análisis documental, los trabajos de campo y reuniones con diversos especialistas sabemos que el riesgo es una variable compuesta y muy compleja que conjuga cambios constantes el tiempo; que es función de la variabilidad de las amenazas y de la condición de la vulnerabilidad y del grado de exposición. Por tanto, para la mayoría de los fenómenos, no es posible representar al riesgo mediante una simple gráfica o mapa; éste debe ser estimado de acuerdo con las circunstancias y condiciones específicas del lugar o área de interés, como el caso de este trabajo, y actualizarse siempre.

Es por esto que el seguimiento a esta herramienta es fundamental por parte del gobierno municipal para coadyuvar en el proceso de cambio hacia una cultura de la prevención de desastres, generando acciones y proyectos en conjunto. Es por esto que podemos concluir que este instrumento da cabida al **comienzo de una nueva era para la planeación territorial de Tuxtla Gutiérrez.**

## RECOMENDACIONES

### Peligros, vulnerabilidad y riesgos por fenómenos geológicos<sup>20</sup>

De acuerdo al análisis geológico y geomorfológico se concluye que los principales peligros, vulnerabilidad y riesgos presentes en algunas zonas del municipio y ciudad de Tuxtla

Gutiérrez son la erosión de tipo kárstica y fluvial, los deslizamientos, flujos, derrumbes y hundimientos.

- Las montañas localizadas en la parte Norte y Noroeste del municipio presentan condiciones geológica y geomorfológicas más estables, lo que se traduce en la presencia de peligros por erosión hídrica y kárstica. Sin embargo por la presencia de fallas geológicas, es posible que se presenten peligros de derrumbes.
- Por lo que respecta a los valles, las características geológicas–geomorfológicas y edáficas, establecen las condiciones para desarrollarse procesos de hundimiento.
- En las laderas de la Meseta de Copoya se presenta el mosaico más complejo de peligros geológicos–geomorfológicos, ya que se manifiesta una conjugación de todos ellos.

Para mantener una estabilidad geomorfológica se recomienda:

1. Reforestar los lechos de inundación y valles intermontanos.
2. No edificar sobre los canales de agua que bajan de las montañas.
3. Reforestar las cabeceras de los valles.
4. No realizar socavones en las laderas de la Meseta de Copoya.
5. Evitar construcciones en los márgenes de fallas y fracturas.

El fenómeno de fracturas y fallas para la generación del Atlas de Riesgos es muy importante, dado que los eventos sísmicos, la remoción de masa y los fenómenos hidrometeorológicos son disparadores, facilitadores o

<sup>20</sup> Se sugiere consultar los apartados correspondientes y la cartografía elaborada para mayor detalle.

consecuencia de este fenómeno. En un municipio como Tuxtla Gutiérrez, con una geología de origen sedimentario, las fracturas y fallas representan un riesgo para la población, sea éste como peligro primario (originador de un fenómeno perturbador), o como peligro secundario (disparado por un fenómeno perturbador externo).

El mapa presentado para este fenómeno es un avance; no obstante se requieren de más estudios para una mejor evaluación del mismo. Algunas fallas pueden no ser visibles en las fotografías aéreas, los modelos de elevación digital o las visitas de campo y no obstante estar presentes o cubiertas con materiales aluviales, por lo que se recomienda el estudio más pormenorizado de la geología subsuperficial del municipio, con estudios geofísicos y de mecánica de suelos.

El municipio de Tuxtla Gutiérrez, debido a la complejidad descrita de su ambiente geotectónico, presenta un peligro sísmico elevado. En el estado se presentan sismos provenientes de diversas zonas sismogénicas inter e intraplaca, de magnitudes considerables y profundidades variables, sin considerar que también es afectada por sismos de otras regiones distantes, tal como los estados de Oaxaca, Guerrero y Veracruz (sismos del 25/02/2011, M=6.1 y del 07/04/2011, M=6.7) y países como Guatemala.

Definir los valores mínimos para el diseño de construcción y sus respectivos reglamentos con normas técnicas complementarias para diseño por sismo, los cuales no pueden basarse en estudios que proponen prevenir daños por sismos provenientes de una sola región sismogénica (subducción frente a las costas); tal y como existen en la actualidad a través de distintas fuentes como el Manual de Obras Civiles de CFE y su programa PRODISIS o los estudios del Instituto de Ingeniería que son retomados por los informes de CENAPRED; se requieren estudios que vinculen, no solo los

efectos de sitio, sino la interacción geología, mecánica de suelos, pendientes, fallas y fracturas, daños previos en sismos históricos, catálogos de sismos y otros fenómenos naturales disparados por los sismos (riesgo complejo).

Con la información actual, el peligro sísmico en Tuxtla Gutiérrez no puede determinarse de manera cuantitativa con la precisión requerida, sin embargo, de manera cualitativa a través de lo expresado en este documento se puede considerar como importante debido a los efectos de amplificación sísmica observados en las regiones del valle (centro de la ciudad) donde se ubican los embovedados y la presencia de diferentes afluentes que han aportado sedimentos blandos y expansivos, así como en la ladera sur donde existen diversas regiones donde se observan fraccionamientos con daños importantes y generalizados y zonas de la ladera norte con cuevas y potencial de desarrollo de dolinas.

Las consideraciones tomadas en cuenta para la generación del mapa de peligro sísmico en el presente Atlas, fueron la litología (carta geológica, los daños y características de los sistemas constructivos locales), la zona de peligro sísmico C, determinada por la CFE (1993); la presencia de sismos dentro de los límites municipales y las estructuras geotectónicas y fallas y fracturas detectadas.

Teniendo en consideración la densidad de población expuesta a los efectos de un sismo (encontrada a través del mapeo de la vulnerabilidad física y social), se recomienda el estudio más pormenorizado del peligro sísmico que incluya sondeos geofísicos, geotécnicos y la instrumentación de equipos en downhole. Realizar la microzonificación sísmica que coadyuve a reforzar el reglamento de construcción y el desarrollo de las normas técnicas de seguridad estructural por sismo para el municipio de Tuxtla Gutiérrez. También es de vital importancia

realizar un estudio de la vulnerabilidad física de las estructuras, no solo por fenómenos sísmicos, sino para cualquier otro fenómeno perturbador.

Para llevar estos estudios a buen término, es necesaria la instrumentación de una red acelerográfica y sismológica fija, con densidad y distribución que permita el estudio de atenuación sísmica, fuentes sismogénicas e intensidades sísmicas en las principales ciudades y comunidades del Estado, así como personal capacitado para su operación.

Una propuesta concreta que permite el estudio de este y otros fenómenos, es la creación de un Instituto de Geofísica Estatal, con todas las facilidades necesarias para su operación, que brinde servicios en esta y otras ramas del quehacer científico y de prevención.

El volcán Chichón, al igual que el Tacaná, representan una amenaza para prácticamente todo el estado de Chiapas, así como otros estados de la República Mexicana y países centroamericanos. Su instrumentación, monitoreo, vigilancia y estudio debe ser una de las prioridades en términos de protección civil para salvaguardar la vida humana y de las infraestructuras estratégicas de las zonas afectadas.

Aunque la distancia y el relieve del volcán Chichón reducen la posibilidad de que efectos destructivos de magnitudes catastróficas impacten al municipio de Tuxtla Gutiérrez, es necesario apoyar los esfuerzos mencionados en el párrafo anterior. La actual red de monitoreo sísmico y geoquímico en el volcán son mínimas; se requiere de una mayor densidad y distribución de instrumentos y técnicas de monitorización y su respectivo análisis por expertos en la materia con apoyo de un comité científico.

- El municipio de Tuxtla Gutiérrez, en términos de vulcanismo, es afectado por la caída de ceniza poco significativa, con un peligro bajo para la población, viviendas e infraestructura, pero lo suficiente para causar afectaciones en la salud, contaminación del agua y pasturas, agricultura y ganadería, incendios, entre otras.

Se recomienda el apoyo gubernamental a los institutos de investigación y monitoreo participantes en la vigilancia de los volcanes activos y en estudio del Estado, con recursos presupuestales anuales para su manutención, contratación de personal chiapaneco calificado y para la adquisición e instalación de nueva instrumentación. Este apoyo deberá ser extendido a las campañas de protección civil en las comunidades próximas al volcán y en todas las regiones afectadas por el fenómeno, incluyendo el municipio de Tuxtla Gutiérrez.

### **Peligros, vulnerabilidad y riesgos por fenómenos hidrometeorológicos<sup>21</sup>**

De acuerdo al análisis hidrometeorológico, se concluye que en las diversas escalas del análisis territorial es posible encontrar experiencias de planificación del territorio en las que el riesgo por fenómenos hidrometeorológicos ocupa un destacado papel a la hora de asignar los usos al suelo. El peligro natural que ha merecido mayor número de acciones de ordenación territorial es el de las inundaciones, aunque no faltan recomendaciones para la implantación de actividades orientadas a reducir el riesgo que suponen otros episodios naturales de rango extraordinarios, como sequías, temporales de viento, tormentas tropicales o las que son referentes a altas o bajas temperaturas.

<sup>21</sup> Se sugiere consultar los apartados correspondientes y la cartografía elaborada para mayor detalle.

Mediante el análisis de los resultados de los fenómenos hidrometeorológicos en el presente estudio, se concluye que el municipio de Tuxtla Gutiérrez es más vulnerable a los fenómenos relacionados con la incidencia de la precipitación, hablando tanto de un superávit como de un déficit de ésta. Es decir, el municipio de Tuxtla Gutiérrez es más vulnerable a los efectos provocados por la lluvia ya sea por las inundaciones o por las sequías.

Los fenómenos como las tormentas eléctricas y los vientos tienen poca ocurrencia en la historia municipal. Las bases de datos de las instituciones como la Conagua y la CFE, reportan dos tormentas eléctricas en promedio al año en el territorio municipal y vientos entre 4.5 m/s y 14.5 m/s (datos obtenidos en la estación climatológica Tuxtla, ESMETUX), presentando afectaciones por dichos fenómenos esporádicamente.

- Respecto a los fenómenos hidrometeorológicos, en función de sus efectos las inundaciones son las de mayor afectación, tanto en el ámbito social como en el económico. Las sequías por su parte pueden llegar a ser un fenómeno devastador, ya que sus efectos se perciben en áreas que van desde unas cuantas hectáreas hasta regiones de mayor superficie.

La sequía es un fenómeno poco estudiado hidrológicamente, debido a que su ocurrencia, sobre todo al principio, no es fácilmente detectable, sino que se le reconoce más bien por los efectos que tiene. Además, el reconocimiento de la sequía como fenómeno hidrometeorológico extremo no es sencillo, ya que a diferencia de las inundaciones, sus daños no son estructurales. Cuando se declara una sequía, los daños dependen de su duración e intensidad y, en función de lo anterior, de la necesidad de agua que tengan en ese lapso los seres vivos, y de las actividades económicas en desarrollo.

Al presentarse las sequías, los efectos se manifiestan en un desequilibrio ecológico, deterioro de la producción agrícola, disminución en el hato ganadero, reducción de la actividad industrial, y deterioro en la salud pública (Segob, 2000; en Reyes, 2001).

De acuerdo a la extensión superficial que abarca, Tuxtla Gutiérrez presenta sequías de tipo catastróficas, por lo cual se toma como uno de los fenómenos hidrometeorológicos con mayor afectación en el municipio; presenta sequías con periodos de cuatro años y duración promedio entre dos y tres años. Las intensidades de éstas son en promedio de 260 mm/año, es decir, cuando se presenta una sequía llueve 260 mm menos por año con respecto a la precipitación media (1,151.7 mm).

Para el fenómeno denominado sequía se proponen las siguientes recomendaciones, basándose en el contexto de la prevención:

- Contar con elementos de análisis y estrategias mediante la investigación y labor científica sobre el tema.
- Realizar planes hidráulicos locales partiendo de un balance hidráulico a largo plazo para asignar el agua a cada subcuenca a los distintos tipos de usos, tomando en cuenta la evolución de la disponibilidad y de la demanda del agua.
- Prever la posibilidad de escasez de agua, para conocer con anticipación los pasos que se seguirán con las sequías de distintas magnitudes.
- Establecer periodos preventivos de conservación del agua y permitir que los usuarios adecúen sus actividades a la disminución en su dotación de agua.
- Implementar la cultura del uso racional del agua, aún en épocas de lluvia.

- Mediante la investigación y labor científica enfocar trabajos para la caracterización de los acuíferos disponibles que pueden ser explotados.
- Procurar la recarga de acuíferos, conservar la calidad del agua y evitar su contaminación.
- Aumentar la eficiencia de conducción y ampliación del agua, evitar fugas y desperdicios en redes de distribución.
- Aplicar tarifas realistas y autosuficientes.
- Aplicar sanciones por el desperdicio del agua y disminuir o prohibir los usos no esenciales.

El plan a implementar debe de ser lo suficientemente flexible para adaptarse a la evolución de las condiciones hidrometeorológicas. En particular debe preverse la posibilidad de que la sequía dure más de dos años, ya que al agudizarse el problema se corre el riesgo de que se colapse el sistema socioeconómico (Reyes, 2001).

Para afrontar con éxito una sequía es vital la actitud de los afectados; necesitan asimilar la gravedad de la situación y asumir una participación activa para mitigarla. Por esta razón es necesario crear conciencia en la población para instrumentar un plan hidráulico simultáneamente con un plan de preparación para afrontar sequías.

- Las inundaciones son afectaciones que por el historial con el que cuenta el municipio en cuestión, han tenido mayor impacto en la memoria de los habitantes de las poblaciones inmersas en él, principalmente la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, asentada en las márgenes del cauce principal de la cuenca del río Sabinal, y por ende, vulnerable a los riegos que esto puede contraer.

A continuación se presentan las conclusiones y recomendaciones para las inundaciones, pero antes es importante mencionar que los resultados a partir de los que se

generan dichas conclusiones y recomendaciones, son vulnerables a la incertidumbre debido a las herramientas matemáticas y a la cantidad de datos empleadas en ellas. Se recuerda que a falta de datos, los existentes tienen que ser ajustados a modelos matemáticos intentando en lo posible no salirse del modelo conceptual del fenómeno analizado, es decir, los resultados obtenidos pueden llegar a presentarse en la realidad en mayor o menor magnitud que lo que aquí se expone.

De acuerdo a las características de densidad de corriente, pendiente de la cuenca y al orden de corriente obtenido, se tiene una cuenca con buen drenaje en las zonas con pendientes altas a medias, pero con poca capacidad de drenaje en su cauce principal, debido a la pendiente baja predominante en él. A mayor densidad de drenaje, más dominante es el flujo en el cauce principal frente al flujo en las laderas, lo que se traduce en un menor tiempo de respuesta de la cuenca y, por tanto, condiciona la forma del hidrograma (tiempo) resultante en el desagüe de la cuenca.

La relación de pendientes altas y densidades de corrientes altas, indican una respuesta rápida de drenaje en las zonas emisoras (escarpes, laderas y valles intermontanos). El flujo llega a las zonas receptoras (valle) donde la velocidad de drenaje disminuye debido a la poca pendiente, provocando un aumento del nivel del agua en el cauce principal, con posibilidades de rebose. En las zonas emisoras, aunque la respuesta es más rápida, las altas velocidades que se desarrollan provocan arrastre de material y con ello la erosión del terreno, con posibilidades de deslaves.

Aunque el sistema de drenaje natural de la cuenca es bueno, es importante observar que el 20% de su área se encuentra urbanizada; la urbanización tiene su distribución sobre gran parte de las márgenes de los cauces principales.

Lo anterior implica encontrar en estas áreas urbanizadas cauces embovedados y obstruidos, calles pavimentadas, asentamientos en cauces de arroyos y en algunos casos, drenes pluviales mal implementados. Dichos factores contribuyen a la reducción de la infiltración del agua al subsuelo y al flujo natural del agua, incrementando el volumen de escurrimiento al cauce principal y con ello el caudal de avenida, así como la expansión de las zonas de riesgo tanto en las márgenes del cauce principal como en las partes altas.

Todo lo anterior trae como consecuencia la disminución de la velocidad de salida del agua debido a las obstrucciones, conllevando a una disminución de la eficiencia de drenaje natural de la cuenca ante la presencia de una tormenta.

A partir del análisis realizado, con la superposición de los mapas de pendientes y densidad de corrientes (para cauces tributarios), así como la implementación de la cuenca del río Sabinal en el HEC-GEORAS (cauce principal), se tiene que las zonas más vulnerables del municipio con mayor riesgo de inundación para el caso más extremo (ver mapa de  $Tr = 200$  años) son:

- **Márgenes del cauce principal:** Se observa una posible afectación entre 500 y 600 m en ambas márgenes del cauce principal. Las colonias afectadas en los casos más extremos son: Club Campestre, fraccionamiento El Campanario, San José Terán, calle Rosario Sabinal, centro de Terán, Fovissste, Los Laguitos, Parque Caña Hueca, colonia Moctezuma, 5.<sup>a</sup> Norte (a partir de la 13.<sup>a</sup> Poniente hacia el oriente), centro de la ciudad (entre 3.<sup>a</sup> y 7.<sup>a</sup> Norte), 5 de Mayo, Parque Convivencia Infantil, fraccionamiento Francisco I. Madero, Parque del Oriente, fraccionamiento El Bosque, Infonavit Rosario, colonia Unidad Chiapaneca,

Las Palmas, La Esmeralda, Rincón de los Lagos, Lum-Ha, Portal de Hierro y El Vergel.

- **Zonas con pendientes altas:** Algunas de las colonias afectadas por una densidad de corriente entre media y alta, y pendientes entre moderadas a fuertemente inclinadas son, del lado norte de la ciudad, La Condesa, Caleras Maciel, Jardines del Norte, Las Granjas, Consorcio Buenos Aires, Albania Alta, Patria Nueva, Potinaspak y Colonias del Oriente. Del lado sur se tienen las colonias Coquelesquistan, Lomas del Sur, Fraccionamiento Zoque, Bosques del Sur, Jardines del Sur, Diana Laura, Residencial Mactumatzá, Puesta del Sol, Nueva Esperanza y Albores Guillén.

Un aspecto que debe preceder a las acciones contra las inundaciones es la consideración de la cuenca como un ecosistema de gran riqueza y complejidad en el que las obras fluviales inciden introduciendo modificaciones, que según su magnitud pueden llegar a ser muy importantes. Estas circunstancias hacen ineludible que las acciones de prevención tengan que plantearse analizando la cuenca en todos sus aspectos: ecológico, hidráulico, morfológico, sedimentológico, urbanístico, deportivo, etcétera, de forma que las soluciones que se adopten compatibilicen, en la mayor medida posible, todos estos aspectos.

En cualquier caso es fundamental intentar conocer el funcionamiento global de la cuenca y buscar las alternativas menos impactantes y más acordes con su configuración natural, pues en unos casos la dinámica fluvial puede invalidar, cuando menos, las obras construidas, y en otros pueden ser las obras las que invaliden el funcionamiento del ecosistema fluvial, con difícil y costosa recuperación.

Muchas veces se ignora que los peligros por fenómenos naturales forman parte del medio y sólo desde una concepción integral del medio es posible abordarlos racionalmente. Sólo desde la prevención es posible evitar la pérdida de vidas humanas, finalidad fundamental de las actuaciones de defensa ante los peligros naturales.

La aplicación estricta del Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial de la Subcuenca del río Sabinal debe fomentarse como medida racional y eficaz de defensa frente a los riesgos naturales.

Las recomendaciones se dan en dos sentidos de la misma importancia: implementación de medidas de defensa no estructurales e implementación de obras estructurales. Dentro de las primeras medidas pueden citarse las siguientes:

- Zonificación territorial y regulaciones legales.
- Conservación de suelos y reforestación en las márgenes de los cauces.
- Desarrollo de una conciencia social de la necesidad de la reducción de los impactos, y de la importancia de las medidas de protección individuales.
- Desarrollo de bases de datos históricos fiables, para la evaluación de los riesgos y su empleo en los proyectos ingenieriles, zonificaciones, y desarrollo de normativas y regulaciones.
- Instalación de sistemas de alarma y previsión compatibles con la cultura del uso de la tecnología de la población.
- Gestión integral del sistema hidráulico.
- Vigilancia y control fluvial.

La ordenación del territorio municipal se presenta como un eficaz instrumento de reducción del riesgo de inundaciones, bajo el principio rector de la sostenibilidad ambiental. En áreas urbanas consolidadas, con espacios inundables, la obra de

ingeniería hidráulica ha sido y sigue siendo la estrategia más utilizada para la reducción del riesgo de inundación, puesto que es difícil, a menudo imposible, el tratamiento de este problema con otras prácticas que no sean la realización de encauzamientos, canalizaciones o colectores de agua pluvial.

De la misma importancia son las acciones dirigidas a la conservación y el uso adecuado de los suelos. Dichas acciones deben de ser entendidas como un conjunto de criterios para plasmar planes, normas o programas, que orienten y regulen las actuaciones y procesos de asentamiento sobre el territorio municipal, de manera coordinada con la planificación socioeconómica y la protección de la naturaleza y del patrimonio histórico y cultural.

La ordenación del territorio se presenta, bien entendida, como un instrumento eficaz, económico y ambientalmente sostenible para la reducción del riesgo natural. Muestra de ello son algunos países europeos que han ido más allá en la gestión integral de los riesgos naturales mediante políticas concretas de ordenación territorial. Es el caso de Francia, donde la aprobación de la Ley 95-101, del 2 de febrero de 1995, relativa al reforzamiento de la protección del medio ambiente, conocida como "*Ley Barnier*", ha supuesto un hito en el contexto de la normativa europea de protección del medio ambiente y un ejemplo a seguir en aquellos Estados que carecen de una normativa marco sobre peligrosidad natural.

Dentro de las medidas de protección estructurales se encuentran las siguientes:

- Obras de defensa contra inundaciones como presas, encauzamientos de corrientes, cauces de derivación de avenidas, protecciones en las márgenes del río en zonas

puntuales de desbordamientos y áreas urbanas inundables, producto de la concentración de grandes caudales de aguas lluvias.

- Obras para la corrección y estabilización del cauce; corrección de la pendiente del cauce en zonas bajas, conservación y restauración de la cobertura vegetal primaria (de galería) de las cabeceras de cuenca y en todos los afluentes del río Sabinal como protección mecánica.
- Obras de restauración y rehabilitación. Es importante darle mantenimiento a las obras de protección ejecutadas en tramos específicos del río, no deben abandonarse a su suerte y mucho menos si se trata de un tramo urbano. Es fundamental disponer de un mantenimiento constante del mismo mediante el cual se vigile todo el ecosistema fluvial que en gran manera se ha urbanizado.
- Obras de carácter recreativo y deportivo. Los tramos urbanos de los ríos son áreas particularmente adecuadas para las prácticas deportivas y el ocio, permiten la creación de parques urbanos o suburbanos, que pueden permitir actividades de recreo en general. Todo ello siempre de acuerdo con una adecuada planificación del espacio fluvial, en la que se respete el espacio del río, conjugándolo con la ciudad.



## XI. GLOSARIO<sup>22</sup>

**Peligro:** se define como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo de tiempo y en un sitio dado. Para el estudio de los peligros, es importante definir los fenómenos perturbadores mediante parámetros cuantitativos con un significado físico preciso que pueda medirse numéricamente y ser asociado mediante relaciones físicas con los efectos del fenómeno sobre los bienes expuestos. En la mayoría de los fenómenos pueden distinguirse dos medidas, una de magnitud y otra de intensidad.

Antes que todo debemos aclarar que el término fenómeno natural no debe entenderse necesariamente como peligro o amenaza.

**Fenómeno natural perturbador:** Este fenómeno es “cotidiano” y regular, generalmente coexistimos con él pues es parte de nuestro medio ambiente. De esa manera encontramos a las lluvias de temporada, los días calurosos, vientos y cambios climatológicos estacionales; también tenemos una infinidad de pequeños sismos diarios que pasan inadvertidos y que no necesariamente representan peligro. Sin embargo, algunos fenómenos naturales por su tipo y magnitud, así como por lo sorpresivo de su ocurrencia y su efecto directo a un sistema poblacional sea grande o pequeño, pueden representar verdaderamente un peligro. En general se define al peligro como un evento raro o extremo en el ambiente natural o humano, que afecta adversamente a la vida humana o sus actividades a tal grado de causar un desastre. Encontramos que también se define a la amenaza como la probabilidad de que ocurra un riesgo frente al cual una comunidad es vulnerable (Wilches-Chaux, 1989). El

peligro entonces, es considerado como una precondition humana desafortunada que, como tal, se ubica en el nivel cognoscitivo, perceptivo o preperceptivo, y además con atribuciones de anticipación o inevitabilidad respecto al posible tránsito a su realización (Cupreder, 2000). Esta precondition puede relacionarse con la existencia de fenómenos naturales que pueden devenir en amenazas, o bien con fenómenos antrópicos que igualmente devienen en peligro, y cuyo origen (de estos últimos) tiene que ver estrictamente con las actividades humanas que generan amenaza. Es así que como sociedad desarrollamos actividades e interacciones con el medio ambiente que pueden transformarse en peligros o amenazas.

**Geomorfología:** El estudio del origen de las características topográficas secundarias, que están talladas por la erosión de los elementos primarios y construidos por los restos de erosión.

**Magnitud:** Es una medida del tamaño del fenómeno, de su potencial destructivo y de la energía que libera.

**Intensidad:** Es una medida de la fuerza con que se manifiesta el fenómeno en un sitio dado. Por ello un fenómeno tiene una sola magnitud, pero tantas intensidades como son los sitios en que interese determinar sus efectos. Por ejemplo, en los sismos, la magnitud se define en términos de la energía liberada por el súbito movimiento de las placas tectónicas y se mide en la escala de Richter.

**Escala de Richter:** La intensidad sísmica refleja, en cambio, el grado de movimiento que experimenta el terreno en un sitio dado, lo que dependerá fundamentalmente de la distancia del sitio al epicentro y de las características del terreno en el sitio. La intensidad se mide a través de la escala de Mercalli. Para algunos fenómenos, la distinción entre magnitud e intensidad

<sup>22</sup> Sección tomada de Segob/Cenapred, 2006. Conceptos básicos.

no es tan clara, pero en términos generales el peligro está más asociado a la intensidad del fenómeno que a su magnitud, o sea más a las manifestaciones o efectos que el fenómeno puede presentar en el sitio de interés, que a las características básicas del fenómeno mismo. En este sentido, el estudio del peligro lleva a la construcción de escenarios, es decir, a la representación de los efectos del fenómeno en la región de interés.

**Periodo de retorno:** (O de recurrencia), que es el lapso que en promedio transcurre entre la ocurrencia de fenómenos de cierta intensidad. El concepto de periodo de retorno, en términos probabilísticos, no implica que el proceso sea cíclico, o sea que deba siempre transcurrir cierto tiempo para que el evento se repita.

**Sismología:** El estudio de los terremotos. La ciencia de la propagación de la tensión de onda en la tierra.

**Tasa de excedencia:** El número medio de veces, en que por unidad de tiempo, ocurre un evento que exceda cierta intensidad. Para muchos de los fenómenos no es posible representar el peligro en términos de periodos de retorno, porque no ha sido posible contar con la información suficiente para este tipo de representación. En estos casos se recurre a escalas cualitativas, buscando las representaciones de uso más común y de más utilidad para las aplicaciones en el tema específico.

**Vulcanología:** La rama de la geología que aborda el vulcanismo (el movimiento del magma y sus gases asociados desde el interior en la corteza y la superficie de la tierra).

**Vulnerabilidad:** La susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un fenómeno perturbador, es decir el grado de pérdidas

esperadas. En términos generales pueden distinguirse dos tipos: la vulnerabilidad física y la vulnerabilidad social. La primera es más factible de cuantificarse en términos físicos, por ejemplo la resistencia que ofrece una construcción ante las fuerzas de los vientos producidos por un huracán, a diferencia de la segunda, que puede valorarse cualitativamente y es relativa, ya que está relacionada con aspectos económicos, educativos, culturales, así como el grado de preparación de las personas. Por ejemplo, una ciudad cuyas edificaciones fueron diseñadas y construidas respetando un reglamento de construcción que tiene requisitos severos para proporcionar seguridad ante efectos sísmicos, es mucho menos vulnerable ante la ocurrencia de un terremoto, que otra en la que sus construcciones no están preparadas para resistir dicho fenómeno.

En otro aspecto, una población que cuenta con una organización y preparación para responder de manera adecuada ante la inminencia de una erupción volcánica o de la llegada de un huracán, por ejemplo mediante sistemas de alerta y planes operativos de evacuación, presenta menor vulnerabilidad que otra que no está preparada de esa forma.

La vulnerabilidad física se expresa como una probabilidad de daño de un sistema expuesto y es normal expresarla a través de una función matemática o matriz de vulnerabilidad con valores entre cero y uno. Cero implica que el daño sufrido ante un evento de cierta intensidad es nulo, y uno, implica que este daño es igual al valor del bien expuesto. De dos bienes expuestos uno es más vulnerable si, ante la ocurrencia de fenómenos perturbadores con la misma intensidad, sufre mayores daños.

La vulnerabilidad es siempre distinta según la 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 se entiende 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.

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. La vulnerabilidad es también la condición por la cual los asentamientos humanos o edificaciones se encuentran en peligro por su exposición y su fragilidad a una amenaza. Está en constante cambio, es dinámica.

La vulnerabilidad se genera durante largos procesos de las estructuras sociales, económicas y políticas que contribuyen a su acumulación; combinadas con las amenazas, son los elementos que producen los desastres.

La vulnerabilidad se explica también cuando existe acumulación histórica de problemas persistentes de tipo ecológico; modificación del medio ambiente, alta densidad de población, usos inapropiados de terrenos agrícolas, de tipo; económico social: concentración de recursos, pauperización creciente, producción mayoritariamente de autoconsumo, y en general grandes diferencias sociales, también los problemas de tipo político como; inestabilidad, sistemas autoritarios, ausencia de democracia, etcétera.

La vulnerabilidad expresa asimismo la capacidad de los seres humanos para enfrentar cualquier efecto por un desastre tanto de origen natural como de origen humano. 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.

**Exposición o Grado de Exposición:** Se refiere a la cantidad de personas, bienes y sistemas que se encuentran en el sitio y que son factibles de ser dañados. Por lo general se le asignan unidades monetarias puesto que es común que así se exprese el valor de los daños, aunque no siempre es traducible a dinero. En ocasiones pueden emplearse valores como porcentajes de determinados tipos de construcción o inclusive el número de personas que son susceptibles a verse afectadas.

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

Una vez que se han identificado y cuantificado el peligro, la vulnerabilidad y el grado de exposición para los diferentes fenómenos perturbadores y sus diferentes manifestaciones, es necesario completar el análisis a través de escenarios de riesgo, o sea, representaciones geográficas de las intensidades o de los efectos de eventos extremos. Esto resulta de gran utilidad para el establecimiento y priorización de acciones de mitigación y prevención de desastres.

Ejemplos de escenarios de peligro son la representación de los alcances de una inundación con los tirantes máximos de agua que puede tener una zona; distribución de caída de ceniza consecuencia de una erupción volcánica; la intensidad máxima del movimiento del terreno en distintos sitios debido a un sismo de determinada magnitud y epicentro, el costo de reparación de la infraestructura hotelera por el paso de un huracán, el número de personas que podrían verse afectadas por el deslizamiento de una ladera inestable, etc.

En general se acepta como la probabilidad de que algo malo suceda; Wilches-Chaux la define como “cualquier fenómeno de origen natural o humano que signifique un cambio en el medio ambiente que ocupa una comunidad determinada, que sea vulnerable a ese fenómeno”. En otras palabras, el riesgo existe cuando es probable que ocurra un desastre por motivo de que uno o más peligros se manifiesten en un contexto vulnerable. Conocer el riesgo implica saber la ubicación de la posibilidad de un peligro, además de conocer el grado de vulnerabilidad, cuando estos componentes del riesgo se conjuntan ya estamos ante el hecho consumado es decir, el desastre.

**Desastre:** El Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española define al desastre como: “infelicidad”, del occidental antiguo desastre, “desgracia”, derivado del astro “estrella”, “tener o no buena estrella”. Desgracia grande, suceso infeliz y lamentable. Hecho o incidente que comporta víctimas.

A continuación se mencionan las definiciones más conocidas que manejan los teóricos del enfoque que considera que el desastre es más un hecho social, y no solamente natural como tradicionalmente se ha pensado. En todas ellas se menciona el concepto vulnerabilidad como parte medular de los procesos de desastres.

Omar Darío Cardona sismólogo colombiano lo define como: “Evento de origen natural, tecnológico o provocado por el hombre que causa alteraciones intensas en las personas, en los bienes, en los servicios y/o medio ambiente. Es la ocurrencia efectiva de un fenómeno peligroso, que como consecuencia de la vulnerabilidad de los elementos expuestos causa efectos adversos sobre los mismos.

Susman & O’keefe, firma inglesa consultora de riesgos lo define como: “interfase entre un evento físico extremo y una población humana vulnerable”.

Gustavo Wilches-Chaux, ambientalista colombiano lo define como: “Es el producto de la convergencia en un momento y lugar, determinado de dos factores, peligro y vulnerabilidad”.

Finalmente estas definiciones se pueden sintetizar en una sola: “Relación extrema entre eventos físicos destructivos y una determinada estructura social, económica y política cuya capacidad material para enfrentarlo es superada.”

Contrariamente a la teoría convencional aquí se entiende a los desastres como fenómenos y procesos internos al sistema y no como agentes externos e inevitables como tradicionalmente se han tratado.

Esta visión teórica sintetiza que si bien los desastres provocados por fenómenos naturales son atribuibles a la severidad de éstos, y se explican en gran parte por causa de ellos, también es cierto que son producto de características sociales y económicas del sistema que los sufre.

Los desastres (entonces) son entendidos como el producto de la combinación, interrelación y conjunción de una serie de piezas que se construyen a partir de procesos sociales (Mansilla, 1994).

En otras palabras; los desastres no ocurren, se desenvuelven. Es decir un desastre no empieza en el momento de la crisis, sino son una acumulación de condiciones que lo hacen presente. Hewitt (1983), teórico de este enfoque habla del desastre, "...sus causas, rasgos internos y consecuencias no se explican por un comportamiento peculiar o condiciones peculiares ante el evento calamitoso. Más bien dependen del orden social de sus relaciones cotidianas con el hábitat y las circunstancias históricas mayores que las provocaron."

En esta corriente de pensamiento, cada vez más aceptado por los estudiosos del tema del desastre (desgraciadamente todavía no comprendido por las autoridades), contempla factores internos que intervienen en un desastre y una determinada sociedad, es decir aquí se estudia el proceso y ciclo completo de los desastres, el "antes, el durante y el después". Por tal razón, para estudiarlos y enfrentarlos, no es conveniente abordar el tema únicamente por medio de los riesgos físicos como punto de partida, sino en las condiciones sociales de las sociedades.

Una erupción volcánica, un huracán o un sismo en el centro de un océano donde no hay vida humana no se pueden catalogar como desastre natural, pues la naturaleza repite esos fenómenos continuamente como una lógica geotérmica o meteorológica, así que decir que la naturaleza es peligrosa es una conceptualización inapropiada, pues la naturaleza misma no es "desastrosa". En pocas palabras: sin gente no hay desastre.

## XII. BIBLIOGRAFÍA

Alcántara-Ayala, I. 2000. Landslide: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. Universidad Nacional Autónoma de México: Boletín del Instituto de Geografía, 41:7-25.

Aguilar, J., R. Cruz, R. González, C. Narcía, J.A. Figueroa y H. San Sebastián. 2004. "Normas mínimas de seguridad estructural para el estado de Chiapas". Memoria en extenso del XIV Congreso Nacional de Ingeniería Estructural "Retos de la Ingeniería Estructural" Acapulco, Guerrero, 29, 30 y 31 de octubre y 1 de noviembre.

Alonso, G., R. Cruz, F. Cruz, M. Ramírez, M. Ruiz y J. Iglesias. 1999. "Resultados de la zonificación sísmica de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez", XII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, México, D.F.

Alonso, G., R. Cruz, F. Cruz, M. Ruiz y F. Santos. 1996. "Seismic Zonation of Tuxtla Gutiérrez, Mexico", 11<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering Paper 1239 Elsevier Science Ltd.

Alonso, G., R. Cruz, F. Cruz, M. Ramírez, M. Ruiz y J. Iglesias. 1995. "Zonificación sísmica de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez", Universidad Autónoma de Chiapas, Universidad Metropolitana, México, D.F.

Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 2007. *Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*. Actualización 2007. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez. 2001. *Atlas de Riesgos Municipal*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Baró, J.E.; Díaz-Delgado, C.; Esteller, M.V. y G. Calderón. 2007. *Curvas de daños económicos provocados por inundaciones en zonas habitacionales y agrícolas de México parte I: propuesta metodológica*, México, Ingeniería Hidráulica en México. Vol. XXII, núm. 1, pp. 91-102.

Barrier, E., L. Velasquillo, M., Chávez y R., Gaulon. 1998. Neotectonic evolution of Isthmus of Tehuantepec (Southern Mexico). Elsevier Science Tectonophysics. 287, 77-96.

Belén, B., E., Molina y L., Laín. 2001. Metodología para estudio de amenaza sísmica en Guatemala, aplicación al diseño sismoresistente, Reporte de investigación, Universidad Politécnica de Madrid, España.

Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I. y B. Wisner. 1994. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters*. Routledge. Londres.

Bremer M. H. y C. A Lara. 2001. "Proyecto de Atlas de Riesgo de Inundación de la Ciudad de Monterrey", Reporte del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), ITESM Campus Monterrey, México.

Brooks, J. y D. G., Whitten. 2007. *Diccionario de Geología*. Alianza diccionarios.

Castro, A. 2001. *Cronología histórica sobre los desastres naturales y sociales en Tuxtla Gutiérrez*. Páginas históricas de Chiapas, 48, 1-2.

Cedillo, R. y López T. 1995. *Chiapas, Monografía Estatal*, SEP, México, D.F.

Centro de Monitoreo Vulcanológico y Sismológico. 2010. *Plan Operativo de Protección Civil Volcán Chichón*. Gobierno del Estado de Chiapas. México.

[Cenapred] Centro Nacional de Prevención de Desastres. 2006. *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos: Fenómenos geológicos*. Cenapred/ Secretaría de Gobernación. México, D. F.

[CNA] Comisión Nacional del Agua. 2001. *Fichas temáticas sobre el Sector Hidráulico: Obras de Protección contra inundaciones. Prevención de emergencias*. CNA. México, D. F.

[CFE] Comisión Federal de Electricidad. 1993. *Manual de Diseño de Obras Civiles: Diseño por Sismo*. CFE/ Instituto de Investigaciones Eléctricas. Cuernavaca, Morelos, México.

CFE. 2008. *Manual de Diseño de Obras Civiles: Diseño por Sismo*. CFE/ Instituto de Investigaciones Eléctricas, Cuernavaca, Morelos, México.

CONAGUA. 2007. Consultado digitalmente en <http://smn.cna.gob.mx/ciclones/historia/ciclones1970-2008.pdf>.

[Conanp] Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2008. *Programa de conservación y manejo: Parque Nacional Cañón del Sumidero (borrador)*. Conanp. México D.F. P. 140. Documento inédito.

Conanp. 2010. Asentamientos irregulares en el Parque Nacional Cañón del Sumidero. Conanp. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Documento inédito. P. 10.

[Conapo] Consejo Nacional de Población. 2001. *Índice de desarrollo humano, 2000*. Anexo estadístico. Conapo. México D.F.

Conapo. 2006. *Índices de Marginación 2005. Base de datos*. Conapo. México D.F.

Conapo. 2007. *Tasa de Mortalidad Infantil por municipio 2005. Anexo estadístico*. Conapo. México D.F.

Conapo. 2008. *Proyecciones de la población de México, de las entidades federativas, de los municipios y de las localidades 2005-2050*. Conapo. México D.F.

Conapo 2009. *Índice de Marginación Urbana 2005. Base de datos*. Conapo. México D.F.

[Coneval] Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. 2007. *Los Mapas de Pobreza en México. Anexo estadístico*. México D.F.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación [DOF], 5 de febrero de 1917. Última reforma DOF 17-08-2011.

Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Chiapas. Periódico Oficial del Estado, 5 de febrero de 1921.

CRISIS. 2007. Software de Peligro Sísmico Mundial, Instituto de Ingeniería de la UNAM, México, D.F.

De la Madrid, M. 1987. *Los municipios de Chiapas*, colección México: Enciclopedia de los municipios de México, 549p.

De la Rosa, José Luis. 1989. *Geología del Estado de Chiapas*. Comisión Federal de Electricidad, INDE-Guatemala, C.A; Gobierno del Estado de Chiapas. México D.F. 192 p.

Domínguez, R.; Jiménez, M.; García F. y M. Salas. 1994. *Reflexiones sobre las inundaciones en México*. Cenapred. México.

Domínguez, R.; Fuentes, G. E. y M. L. Arganis. 2004. Optimación de los parámetros de la función de distribución Doble Gumbel usando algoritmos genéticos en una serie de gastos máximos anuales. XVIII Congreso Nacional de Hidráulica, páginas 487–493. Noviembre del 2004. San Luis Potosí, México.



- Espinosa, L. 1976. "Propuesta de zonificación geotécnica de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas". Instituto de Ingeniería de la UNAM, México, D.F.
- Esteva, L. y Ordaz, M. 1988. "Riesgo sísmico y espectros de diseño en la República Mexicana". Memorias del III Simposio Nacional sobre Ingeniería Sísmica, Guadalajara, Jalisco, 420-458.
- Figuroa, J. 1986. "Isosistas de grandes temblores ocurridos en la República Mexicana", Series del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, 57 p.
- Figuroa, J., C., Lomnitz, A., Dawson, R., Meli, y J., Prince. 1975. "Los sismos de julio a octubre de 1975", Instituto de Ingeniería de la UNAM, México, D.F.
- Figuroa J. 1973. "Sismicidad en Chiapas", Instituto de Ingeniería de la UNAM, México, D.F.
- García, E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. Quinta edición. Offset Larios. México, D. F.
- García, E. 2004. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Instituto de Geografía. UNAM. México D.F. 80p.
- García, V. y Suárez, G. 1996. *Los sismos en la historia de México*, Ediciones Científica Universitaria, Fondo de Cultura Económica, UNAM, México, D.F.
- Gobierno del Estado de Chiapas. 1992. Atlas Estatal de Riegos. Secretaria de Gobierno/Gobierno del Estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 145 P.
- Gobierno del Estado de Chiapas. 2002. Atlas Estatal de Riegos. Secretaria de Gobierno/Gobierno del Estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 112 P.
- Gobierno del Estado de Chiapas. 2004. *Atlas Estatal de Riesgos*. Gobierno del Estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez. P.
- Gobierno del Estado de Chiapas, 2007. *Plan de Desarrollo Chiapas Solidario 2007-2012*. Gobierno del Estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Gobierno del Estado de Chiapas. 2007. Plan Estatal de Desarrollo Chiapas Solidario 2007-2012. Gobierno del estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Gobierno del Estado de Chiapas. 2009. *Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Estado de Chiapas*. Secretaría del Medio Ambiente y Vivienda del Gobierno del Estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Documento Inédito.

Gobierno del Estado de Chiapas, El Colegio de la Frontera Sur. Programa de Ordenamiento de la Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez. 2010. Documento en prensa.

González, R., Tena, A., Mora, J.C., Borraz, M.A., Aguilar, J.A., Cruz, R., Figueroa, J.A., Chan, J.A., Ramírez, M.S., Vera, R. y C. Narcía. 2011a. *El sismo de Villaflores, Chiapas, su realidad y consecuencias*. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Colección Jaguar, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, 400 p.

González, R., Mora, J.C., Borraz, M.A. y Aguilar, J.A. 2011b. "Evaluation of the Site effect in the city of Tuxtla Gutierrez, Chiapas, according with the analysis of the earthquake damage". En revisión.

González, R., Mora, J.C., Borraz, M.A., Aguilar, J.A. y J.A. Figueroa. 2011c. "Peligro sísmico en el norte del estado de Chiapas". En revisión.

González, A. 2010. "Análisis de la peligrosidad sísmica en el sureste de México con base en el catálogo del Servicio Sismológico Nacional de 1974 a 2009". Tesis de licenciatura de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, en revisión.

González, R. 2010. "Efecto topográfico en el comportamiento de flujos de viento y sus implicaciones en el diseño de estructuras flexibles". Carlos Manuel García Lara (Coordinador), "Estudios ambientales y Riesgos Naturales, aportaciones al sureste de México II", capítulo 1, págs. 25 a 54. ISBN 978-607-7510-71-0, Cuerpo Académico Estudios Ambientales y Riesgos Naturales, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Colección Jaguar, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

González, R. Borraz, M.A., Sánchez, P.A., De la Cruz, Y., Aguilar, J.A. y J.A. Ruiz. 2010a. "Construcción histórica de la vulnerabilidad sísmica en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas". Memoria en extenso del XVII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, León, Guanajuato, 3 al 6 de noviembre.

González, R., Alegría, J. N., Borraz, M. A., Aguilar, J. A., Ruiz J. A., Vera, P. y C.M. García. 2010b. "Empleo de blocks elaborados con residuos de construcción en Chiapas". Memoria en extenso del XVII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, León, Guanajuato, 3 al 6 de noviembre.

- González, R., Borraz, M.A., Aguilar, J. y C. Narcía. 2010c. “Mechanical Characterization of the Adobe and Their Relation with Vulnerability”. Memoria en extenso del Global Risk Forum GRF Davos, Suiza, 31 de mayo al 4 de junio de 2010.
- González, R., Aguilar, J., Borraz, M.A., Narcía, C. y J.A. Ruiz. 2009b. “Efecto de la resonancia en el diseño por viento de estructuras flexibles de anuncios espectaculares”. Revista Quehacer científico en Chiapas. Volumen 1, número 8, segunda época, págs. 21 a 34, julio- diciembre de 2009, Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, ISSN 1405-6542.
- González, R., Borraz, M. A., Aguilar, J., Narcía, C., y J. A. Ruiz. 2009a. “Caracterización mecánica del adobe de Tuxtla Gutiérrez y su relación con la vulnerabilidad”. Memoria en extenso del XVII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Puebla, Puebla, 11 al 14 de noviembre.
- González, R. 2009. “Evaluación del riesgo y costos por inundaciones en Tuxtla Gutiérrez”. Memoria en extenso del Coloquio Interacción de diversas disciplinas científicas en las ciencias de la tierra, Instituto de Geofísica de la UNAM, México, D.F., 5 al 7 de noviembre.
- González, R., Aguilar, J. y C. Gómez. 2008a. “Nuevas tecnologías constructivas de vivienda en Chiapas”. Lacandonia revista de ciencias de la UNICACH, 62-74p.
- González, R., Aguilar, J. y C. Gómez. 2008b. “Vulnerabilidad de viviendas de adobe en Chiapas y alternativas de reparación”. Memoria en extenso del XVI Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Veracruz, Veracruz, 6 al 8 de noviembre de 2008. Publicación en CD ROM.
- González, R., Aguilar, J. y C. Narcía. 2005. “Comportamiento de estructuras tradicionales de adobe y guadua en los temblores ocurridos en el sureste mexicano” Memoria en extenso del Seminario Internacional Sismo Adobe 2005, Lima, Perú, 16 a 19 de mayo de 2005.
- González, R. y J. Aguilar. 2004. “Patología estructural en viviendas de interés social de mampostería debida a paradigmas constructivos en el estado de Chiapas”. Memoria en extenso del XIV Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Acapulco, Guerrero, 29 al 31 de octubre y 1 de noviembre.
- Guichard Romero, Delva. 1998. “Regionalización de lluvias y escurrimientos en la Cuenca del alto río Grijalva”. Tesis de maestría. Facultad de Ingeniería de la UNAM. México, D. F.

Guillén, A. 2002. "Chiapas y Guatemala unidos por la ceniza del volcán Santa María Comitán 1902, primer centenario 1902-2002". Editorial ADN, Chiapas, México.

Günter D. Roth. 2003. Meteorología. Formaciones nubosas y otros fenómenos meteorológicos. Situaciones meteorológicas generales. Pronósticos del tiempo. Barcelona: Ediciones Omega.

Hewitt, K. 1983. *The idea of calamity in a technocratic age*. Hewitt ed. Interpretations of Calamity, Unwin-Hyman. Londres.

IMTA/Semavi. 2009. *Diagnóstico Ambiental de la Cuenca del río Sabinal*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua-Secretaría de Medio Ambiente y Vivienda del Gobierno del Estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. P. 21-27.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). 2009. ERIC III. Extractor rápido de información climatológica. Base de datos climatológica. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México.

Instituto Mexicano del Transporte. 2008. *Inventario Nacional de Infraestructura para el transporte*. México D.F.

[INE] Instituto Nacional de Ecología. Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1993 Que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales. Diario Oficial de la Federación, 25 de noviembre de 1996.

[INEGI] Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática. 1984. Carta Geológica. Tuxtla Gutiérrez. E15-11. Escala 1: 250 000.

INEGI. Censos Generales de Población y Vivienda 1980, 1990, 2000 y Censo de Población y Vivienda, 2005. Tabulados Básicos. Aguascalientes, México.

INEGI. Censo General de Población y Vivienda 2010. Resultados Preliminares. Aguascalientes, México.

INEGI. Censo de Población y Vivienda, 2005. Base de datos a nivel registro. Aguascalientes, México.

INEGI. Anuario Estadístico de Chiapas, Edición 2010. Aguascalientes, México.

INEGI. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE): III Trimestre de 2010. Aguascalientes, México.

INEGI. Censos Económicos 2004 y 2009, resultados definitivos. Aguascalientes, México. Consulta en línea: [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx).

INEGI. Catálogo de entidades, municipios y localidades. Consulta en línea: [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx).

Juárez, H., Gómez, A. y E. Sordo. 2000. "Recomendaciones para reducir la vulnerabilidad sísmica de las estructuras de mampostería". Memoria en extenso del XII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural.

Ley de Aguas Nacionales. Diario Oficial de la Federación [DOF], 1º de diciembre de 1992. Última reforma DOF 10-08-2011.

Ley de Protección Civil del Estado de Chiapas. Periódico Oficial del Estado, 5 de febrero de 1997.

Ley de Planeación. Diario Oficial de la Federación [DOF], 5 de enero de 1983. Última reforma DOF 13-06-2003.

Ley General de Población. Diario Oficial de la Federación [DOF], 7 de enero de 1974. Última reforma DOF 25-05-2011.

Ley General de Protección Civil. Diario Oficial de la Federación [DOF], 12 de mayo de 2000. Última reforma DOF 24-04-2006.

Ley General de Asentamientos Humanos. Diario Oficial de la Federación [DOF], 21 de julio de 1993. Última reforma DOF 30-11-2010.

Ley General de Vida Silvestre. Diario Oficial de la Federación [DOF], 3 de julio de 2000. Última reforma DOF 7-06-2011.

Ley General de Salud. Diario Oficial de la Federación [DOF], 7 de febrero de 1984. Última reforma DOF 10-06-2011.

Ley de Planeación para el Estado de Chiapas. Periódico Oficial del Estado, 17 de marzo de 2005. Última reforma Periódico Oficial 5-11-2010.

Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Chiapas. Periódico Oficial del Estado, 3 de diciembre de 1997. Última reforma Periódico Oficial 21-10-2009.

Ley Orgánica Municipal del Estado de Chiapas. Periódico Oficial del Estado, 31 de diciembre de 1988. Última reforma Periódico Oficial 5-11-2010.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación [DOF], 28 de enero de 1988. Última reforma DOF 28-01-2011.

Ley Ambiental para el Estado de Chiapas. Periódico Oficial del Estado, 18 de marzo de 2009. Última reforma Periódico Oficial 29-09-2010.

Ley de Salud del Estado de Chiapas. 1998. Periódico Oficial del Estado, 12 de agosto de 1998.

Limón, G. 2005. "Análisis de la percepción del riesgo en los volcanes Chichón y Tacaná, Chiapas". Tesis de licenciatura la facultad de Geografía de la UNAM, México, D.F.

López, C. 2003. Antier cuando eras menos, el centro de Tuxtla Gutiérrez en 1925. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas: H. Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez, 9p.

López Espinosa, J. G. 2006. Estimación de tormentas y avenidas para el diseño de las obras de protección del río Sabinal. Tesis de maestría de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

Lugo, J. 1988. Elementos de Geomorfología Aplicada (Métodos Cartográficos). Instituto de Geografía. UNAM. México D.F. 128 p.

Lugo, J. 1989. Diccionario Geomorfológico, UNAM, México.

Lugo, J. 1990. El relieve de la República Mexicana. Revista volumen 9. No.1. México D.F. p. 82 – 111.

Luhr, J. 1982. "Eruption of El Chichón Volcano: Smithsonian Inst.", SEAN Bull., vol. 7, núm. 4, p. 4, *in*, Sánchez-Rubio, G. "La erupción del 28-29 de marzo 1982 del volcán Chichonal; un estudio breve de su tefra", UNAM, Instituto de Geología Revista, vol. 6, núm. 1, 1985, p. 48-51.

Macías, J. L. 2005. Geología e historia eruptiva de algunos de los grandes volcanes activos de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Volumen Conmemorativo del Centenario. Temas Selectos de la Geología Mexicana. Tomo LVII, núm. 3, p. 379-424.

Mansilla, E. 1994. *El Sistema Nacional de Protección Civil, en México y sus experiencias de implementación*. Comecso. Puebla, México.

- Maskrey, A. (comp.). 1993. *Los desastres no son naturales*. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (La Red) / Intermediate Technology Development Group. Tercer Mundo Editores. Santa Fe de Bogotá, Colombia.
- Martínez, J.R. 2011. “Vulnerabilidad social por remoción de masas en Tuxtla Gutiérrez. Caso Cueva del Jaguar”. Tesis de licenciatura en Ingeniería Ambiental. Tuxtla Gutiérrez, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Miranda, F. 1998. *La vegetación de Chiapas*. Tercera edición. Consejo Estatal para la Cultura y las Artes de Chiapas/ Gobierno del Estado de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, México. 597 p.
- Montiel, G. 1975. *Las viejas calles de la antigua Tuxtla*. Tuxtla Gutiérrez, México.
- Mullerried, F. 1957. *Geología de Chiapas*. Editorial Cultura. México D. F. 179 p.
- Narcía C., J.A. Aguilar, M.S., Ramírez, R. Cruz y R. González. 2006. “El periodo natural de vibración del suelo en la ciudad de Tuxtla, Gutiérrez, Chiapas”. Revista Quehacer científico en Chiapas. Volumen 1, número 1, segunda época, págs. 22 a 38, enero junio, editada por la Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Niño, W., Aguilar, J., Narcía, C. y R. González. 2007. “Diseño de una red local acelerométrica para el registro de temblores fuertes en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas”. Memoria en extenso del XVI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica “Innovación tecnológica en la práctica profesional” Ixtapa Zihuatanejo, Guerrero, 31 de octubre al 3 de noviembre de 2007.
- Olcina, J. y F. Ayala-Carcedo. 2002. Riesgos naturales. Conceptos fundamentales y clasificación. En: Riesgos Naturales. F.J. Ayala-Carcedo y J. Olcina (eds.), 41-73. Ariel Ciencia, Barcelona.
- Ordoñez, J. 2008. *Zonificación geotécnica de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*, Universidad Autónoma de Chiapas, México.
- Ordóñez, J. 1994. “Estabilización de arcillas expansivas de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez con caliche y arena”. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Pardo, M. y G. Suárez. 1995. “Shape of the subducted Rivera and Cocos plates in southern Mexico: Seismic and tectonic implication”: *Journal of Geophysical Research*, 100, 12357-12373.
- Paula, F. 2008. “Trasformación del centro histórico de Tuxtla Gutiérrez”, Tuxtla Gutiérrez: Rodríguez Núñez editor.

Paz, J., Gómez, M., González, R. y F. Domínguez. 2011. “Los procesos de remoción en masa; génesis, limitaciones y efectos en el crecimiento urbano de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México”. Memoria en extenso del XIII Encuentro de Geógrafos de América Latina, San José Costa Rica, 25 al 29 de julio de 2011.

Paz, J. 2011. “La inestabilidad de laderas y la construcción social del riesgo; tres casos al sur de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas”. Tesis de Maestría en Ciencias en Desarrollo Sustentable, UNICACH (en revisión).

Ponce, L., R. Gaulon, G. Suarez y E. Lomas. 1992. “Geometry and state of stress of the downgoing Cocos plate in the Isthmus of Tehuantepec, Mexico”, *Geophysical Research Letters*, Vol. 19, No 8, page 773-776.

Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. 2007. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, Presidencia de la República. México.

Priego, A.; Isunza, E.; Luna, N. y J. L. Pérez. 2003. Método para realizar mapa de disección vertical. Citados en: Priego, A.; Bocco, G.; Mendoza, M. y A. Garrido. 2008. *Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisaje. Fundamentos y métodos*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales/ Instituto Nacional de Ecología/ Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM. México, D. F. 73-79 pp.

Priego, A.; Bocco, G.; Mendoza, M. y A. Garrido. 2008. *Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisaje. Fundamentos y métodos*. SEMARNAT-INE-UNAM-CIGA.

[PNUD] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2008. *Índice de Desarrollo Humano Municipal en México 2000-2005*. PNUD. México, D. F.

Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial de la Subcuenca del río Sabinal en los municipios de San Fernando, Berriozábal, Ocozacoautla de Espinoza y Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 2010. Periódico Oficial del Estado, 24 de marzo de 2010.

PRODISIS. 2008. Software Peligro Sísmico, Instituto de Investigaciones Eléctricas de CFE, Cuernavaca, Morelos.

PSM. 2004. Software Peligro Sísmico en México, Instituto de Ingeniería de la UNAM, México, D.F.

Plan de contingencias para la temporada de lluvias 2010. Dirección de Protección Civil de Tuxtla Gutiérrez. Disponible en: [www.proteccioncivil.chiapas.gob.mx/nSite/.../planesMpales/Tgz/](http://www.proteccioncivil.chiapas.gob.mx/nSite/.../planesMpales/Tgz/). Fecha de consulta: 20 de enero de 2011.



- Ramos, S. 2010. *Plan operativo de protección civil por riesgo sísmico*. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas - Centro de Monitoreo Vulcanológico y Sismológico. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Rebollar, C., L., Quintanar, J. Yamamoto y A. Uribe. 1999. "Source process of the Chiapas, Mexico, Intermediate-Depth Earthquake of 21 October 1995", *Bulletin of the Seismological Society of America*, 89, 2 pp. 348-358, April 1999.
- Reglamento de Construcción. 2004. Para Tuxtla Gutiérrez. Periódico oficial. Gobierno del Estado de Chiapas.
- Reglamento de Construcciones y Servicios Urbanos. 1995. Para los Municipios de Tuxtla Gutiérrez, Tapachula, San Cristóbal de las Casas, Comitán, Tonalá, Huixtla, Arriaga y Villaflores. Periódico oficial. Gobierno del Estado de Chiapas.
- Rodríguez, Q. 2007. Estructura tridimensional de velocidades para el sureste de México, mediante el análisis de trazado de rayos sísmicos de sismos regionales, tesis de maestría del Instituto de Geofísica de la UNAM, México, D.F.
- Rodríguez, M., E. Nava, T. Domínguez y J. Havskov. 1985. "Informe de los sismos ocasionados durante la construcción de la presa Manuel Moreno Torres (Chicoasén)", Instituto de Ingeniería de la UNAM, México, D.F.
- Ruiz, J. A. y J. A. Aguilar. 2006. "Caracterización geométrica y mecánica de piezas de ladrillo de barro rojo recocido de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas". *Memorias del XV Congreso Nacional de Ingeniería Estructural*, Puerto Vallarta, Jalisco, 1 al 4 de noviembre.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1ª edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 504 pp.
- Sánchez-Rubio, G. "La erupción del 28-29 de marzo de 1982 del volcán Chichonal; un estudio breve de su tefra", *UNAM, Instituto de Geología Revista*, vol. 6, núm. 1, 1985, p. 48-51.
- Secretaría de Gobernación/ Cenapred. 1994. *Atlas Nacional de Riesgos*. Editado por la Dirección General de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación. Ciudad de México.
- Secretaría de Gobernación/ Cenapred. 2000. *Atlas de riesgo de la república mexicana*. Segob/ Centro Nacional de Prevención de Desastres. México, D. F.
- Secretaría de Gobernación/ Cenapred. 2001. *Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México*. Segob/ Centro Nacional de Prevención de Desastres. México, D. F. 231 p.

- Secretaría de Gobernación/ Cenapred. 2006. *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos: evaluación de la vulnerabilidad física y social*. Segob/ Centro Nacional de Prevención de Desastres. México, D. F.
- Secretaría de Gobernación/ Cenapred. 2006. *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos: fenómenos geológicos*. Segob/ Centro Nacional de Prevención de Desastres. México, D. F.
- Secretaría de Gobernación/ Cenapred. 2009. *Conceptos básicos sobre peligros, riesgos y su representatividad geográfica*. Segob/ Centro Nacional de Prevención de Desastres. México, D. F. 87 p.
- Secretaría de Educación. 2010. Base de datos de fin de cursos del ciclo escolar 2009-2010. Subsecretaría de Planeación Educativa/ Gobierno del Estado de Chiapas.
- Secretaría de Salud. Reporte de Claves Únicas de Establecimientos. Consulta en <http://clues.salud.gob.mx/index.php>.
- [Sedesol] Secretaría de Desarrollo Social. 2000. *Términos de referencia generales para la elaboración del programa estatal de ordenamiento territorial*. Versión interinstitucional (Semarnat-Sedesol-Conapo-INEGI), aprobada por el grupo interinstitucional de ordenamiento territorial el 24 de Julio de 2000. México, D. F.
- Sedesol. 2003. *Guía metodológica para la elaboración de Atlas de peligros naturales a nivel de ciudad (identificación y zonificación)*. Sedesol. Programa Hábitat. México, D.F. p. 138.
- Sedesol. 2004. *Plan o Programa Municipal de Desarrollo Urbano. Guía metodológica*. Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio. Dirección General de Desarrollo Urbano y Suelo. Sedesol. México, D. F. Pp. 23.
- Sedesol. 2005. *Términos de referencia para la elaboración del Programa Municipal de Ordenamiento Ecológico y Territorial (PMOET)*. Sedesol/ Semarnat/ INE. México, D.F. P.22.
- Sedesol. 2007. *Guía metodológica para la elaboración de planes o programas de ordenación de zona metropolitana o zonas conurbadas de la Sedesol*. Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio. Dirección General de Desarrollo Urbano y Suelo. México, D. F.
- Sedesol. 2009. *Bases para la estandarización en la elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para representar el riesgo*. Sedesol/ Universidad Autónoma del Estado de México. México, D. F.

SGM/INEGI/SE (2005) – Carta geológica-minera Tuxtla Gutiérrez E15-11 Chiapas y Oaxaca. Servicio Geológico Mexicano. Servicio Geológico Mexicano. 2005. Carta Geológico – Minera. Tuxtla Gutiérrez. E15-11. Escala 1: 250 000.

[Semarnat] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001 Protección Ambiental – Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestres – Categorías de Riesgo y Especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 6 de marzo de 2002.

Semarnat. “El ordenamiento ecológico del territorio” en Semarnat. 2006. *La Gestión Ambiental en México*. Semarnat, pp. 75-87.

[Semarnat/INE] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales/ Instituto Nacional de Ecología. 2009. *Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio*. Semarnat/ INE/ Instituto de Geografía/ Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental y Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias UNAM. México, D. F.

[Seplan] Secretaría de Planeación. 2003. *Guía técnica de planeación para el desarrollo municipal*. Gobierno Constitucional del Estado de Chiapas/ Secretaría de Planeación/ Subsecretaría de Planeación y Programación. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 51 pp.

[SGM] Servicio Geológico Mexicano. 1998. Carta Geológica. Hoja Tuxtla. Segunda edición. Escala 1: 250 000. Pachuca, Hidalgo, México.

Strahler, Alan y Arthur Strahler. 2005. *Physical geography*. Tercera edición. Wiley & Sons. Nueva York. 634 p.

Suárez, G. y K. Singh. 1986. “Tectonic interpretation of the Trans Mexican Volcanic Belt Discussion”. *Tectonophys*, 127, 155-160.

Trigos, J. 1998. “Riesgo sísmico, construcciones y reglamentos en México”. *Memorias del III Simposio Nacional sobre Ingeniería Sísmica*, Guadalajara, Jalisco, 323-345.

[USGS] U. S. Geological Suvey Science Center. “Verified Roughness Characteristics of Natural Channels” in Nolan, K. Michael; Frey, C. y J. Jacobson. 2001. *Water Resources Investigations Report*.

Vázquez, E. 2011. “Elaboración de mapa de microzonificación sísmica con base al periodo fundamental de vibración del suelo de la ladera sur de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas” Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, México.

Vázquez, E. y J. G. López. 2004. “Distribución espacial y temporal de la precipitación en la cuenca del río Sabinal”. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, México.

### Sitios consultados

<http://www.proteccioncivil.chiapas.gob.mx/>

<http://ssn.unam.mx>

[http://www.nhc.noaa.gov/gis/archive\\_forecast.php](http://www.nhc.noaa.gov/gis/archive_forecast.php)

[www.taringa.net/poste/noticias/664990/inundaciones-TuxtlaGtz\\_México - fotos-propias .html](http://www.taringa.net/poste/noticias/664990/inundaciones-TuxtlaGtz_México_-_fotos-propias_.html)

**XIII. ANEXOS**

**13.1. Colonias encuestadas**

N.º	Colonias del río Sabinal (centro)	N.º	Colonias del Sur	N.º	Colonias del Norte
1	Fracc. La Gloria	1	Col. Belén	1	Col. Patria Nueva
2	Col. San José Terán	2	Col. Las Lomas	2	Col. Las Granjas
3	Col. Terán	3	Col. Romeo Rincón	3	Col. Las Granjas Oriente
4	Fracc. FOVISSTE II	4	Col. Zoque	4	Col. La Esperanza
5	Col. Buenavista	5	Col. El Bosque	5	Fracc. Jardines del Norte
6	Col. Jardines de Tuxtla	6	Col. Coquelexquitzan	6	Col. Los Ángeles
7	Col. Moctezuma	7	Col. Francisco I. Madero	7	Col. Nueva Jerusalén
8	Col. San Francisco Sabinal	8	Col. Loma Bonita	8	Col. Arroyo Blanco
9	Col. La Salle	9	Col. Cerro Hueco	9	Col. Francisco Villa
10	Col. Las Palmas	10	Col. Azteca	10	Col. Paulino Aguilar
11	Col. Bienestar Social	11	Col. Guadalupe Tepeyac	11	Col. Albores Guillén
12	Col. El Brasilito	12	Col. Los Pájaros	12	Col. Paraíso Bajo
13	Col. El Vergel	13	Col. Balcones del Sur		
14	Fracc. Arboledas	14	Col. Cueva del Jaguar		
15	Barrio Colón	15	Col. Lomas de Oriente		
16	Barrio Hidalgo	16	Fracc. Colinas del Sur		
17	Barrio San Jacinto	17	Col. Colcal		
18	Barrio San Marcos	18	Col. Ampliación Cocal		
19	Col. ISSSTE	19	Col. Trabajadores		
20	Barrio Niño de Atocha	20	Col. Altos del Sur		
21	Barrio Guadalupe	21	Col. Popular		
22	Col. Centro	22	Fracc. San José Linda Vista		
23	Fracc. Campanario	23	Col. 6 de junio 1		
24	Col. Zavaleta	24	Col. 6 de junio 2		
25	Col. Herradura	25	Col. 6 de junio 3		
26	Col. Flamingo	26	Col. Ideal		
27	Col. Juan Crispín				

## 13.2. Cuestionario sobre percepción de riesgo

### ESCALA DE AFRONTAMIENTO

El Centro de Estudios para la Competitividad Municipal AC está realizando un Atlas de Riesgo de la ciudad a petición del Gobierno Municipal de Tuxtla Gutiérrez. Para fortalecer este trabajo estamos estudiando acerca de cómo se siente la gente con respecto a los riesgos por inundaciones, deslaves o temblores, No hay respuestas buenas o malas, sino que hay diferentes formas de pensar y de sentir; es lo que queremos que tú contestes. Te pedimos que seas muy sincero(a) y que pongas lo que pienses verdaderamente. Esta información sirve únicamente para esta investigación.

A continuación se presenta una lista de definiciones. Usted debe indicar con qué frecuencia se identifica con éstas afirmaciones en caso de existir una contingencia o un riesgo en su vivienda o colonia. Especifique su respuesta marcando con una cruz "X" la opción con la que usted más se identifique. No hay respuestas correctas o incorrectas.

Edad: \_\_\_\_\_

Nivel de escolaridad:

Sexo:

Localidad:

Fecha:

Ocupación:

Dirección y colonia:

Número de habitantes en la casa:

	Nunca	Pocas veces	Algunas veces	La mayoría de las veces	Siempre
Acepto la situación pues es inevitable					
Deseo un milagro y ruego a Dios para que me ayude					
Rechazo la idea de que esta situación es grave					
Algunas veces no hago lo que ya había previsto hacer					
Analizo las circunstancias para saber qué hacer					
Bromeo y tomo las cosas a la ligera					
Busco actividades para pensar en otra cosa					
Busco información con personas que saben					
Consulto sobre el problema con profesionales					
Controlo en todo momento mis emociones					
Hablo con mi familia para compartir emociones					
Hago como si el peligro no existiera					
Hago frente directamente a la situación					
Hago modificaciones en mi entorno para evitar un desastre					
He establecido mi propio plan de prevención y lo pongo en marcha					

	Nunca	Pocas veces	Algunas veces	La mayoría de las veces	Siempre
Me es difícil describir lo que siento frente a esta situación					
Me fijo objetivos y redoblo esfuerzos					
Paseo para distraerme					
Participo más en actividades de prevención civil					
Reflexiono sobre las estrategias a utilizar					
Sigo lo que hacen los demás					
Tengo un plan preventivo y lo sigo					
Trato de cambiar mis hábitos de vida en función del problema					
Trato de no pensar en el problema					
Trato de no precipitarme y de reflexionar sobre los pasos a seguir					
Trato de no sentir nada					

14 preguntas	Estrategia de afrontamiento activo
12 preguntas	Estrategia de afrontamiento pasivo



## CUESTIONARIO DE PERCEPCIÓN DE RIESGO

### Instrucciones:

El Centro de Estudios para la Competitividad Municipal AC está realizando un Atlas de Riesgo de la ciudad a petición del Gobierno Municipal de Tuxtla Gutiérrez. Para fortalecer este trabajo estamos estudiando acerca de cómo se siente la gente con respecto a los riesgos por inundaciones, deslaves o temblores. No hay respuestas buenas o malas, sino que hay diferentes formas de pensar y de sentir; es lo que queremos que tú contestes. Te pedimos que seas muy sincero(a) y que pongas lo que pienses verdaderamente. Esta información sirve únicamente para esta investigación.

Edad: \_\_\_\_\_

Nivel de escolaridad:

Sexo:

Localidad:

Fecha:

Ocupación:

Dirección y colonia:

Número de habitantes en la casa:

N.º		Muy en desacuerdo	Casi en desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Casi de acuerdo	Muy de acuerdo
1	Me siento preparado para enfrentar una situación de riesgo (inundación, sismo, deslizamiento, derrumbe, asentamiento)					
2	Si ocurre una situación de riesgo (inundación, sismo, deslizamiento, derrumbe, asentamiento) está en mis manos evitar que no me pase un desastre					
3	Me preocupa el riesgo por (inundación, sismo, deslizamiento, derrumbe, asentamiento)					
4	En caso que ocurra una situación de riesgo (inundación, sismo, deslizamiento, derrumbe, asentamiento) me voy a sentir fuera de control					
5	Me siento capaz de protegerme de los peligros en caso de una situación de riesgo (inundación, sismo, deslizamiento, derrumbe, asentamiento)					
6	Estamos en peligro por alguna situación de riesgo (una situación de riesgo (inundación, sismo, deslizamiento, derrumbe, asentamiento)					
7	En caso de que ocurra una situación de riesgo (inundación, sismo, deslizamiento, derrumbe, asentamiento), el control de la situación depende de mí					
8	Me asusta vivir en este lugar					
9	Estoy suficientemente informado para hacerle frente a una posible situación de riesgo (inundación, sismo, deslizamiento, derrumbe, asentamiento)					
10	Me aterra pensar en una situación de riesgo (inundación, sismo, deslizamiento, derrumbe, asentamiento)					
11	Tengo miedo de que algo malo me pase si ocurre una situación de riesgo (inundación, sismo, deslizamiento, derrumbe, asentamiento)					

N.º		Muy en desacuerdo	Casi en desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Casi de acuerdo	Muy de acuerdo
12	En caso que ocurra una situación de riesgo (inundación, sismo, deslizamiento, derrumbe, asentamiento), soy capaz de controlar la situación					
13	No puedo dormir porque vivo en zona de riesgo					
14	En caso de que ocurra una situación de riesgo (inundación, sismo, deslizamiento, derrumbe, asentamiento), el control de la situación depende de otros					
15	Siento miedo que ocurra una situación de riesgo (inundación, sismo, deslizamiento, derrumbe, asentamiento)					
16	Me siento inseguro cuando llueve y cuando tiembla					
17	En caso de una situación de riesgo (inundación, sismo, deslizamiento, derrumbe, asentamiento), estoy informado sobre las rutas de evacuación por si necesito salir					
18	Me siento seguro por el trabajo de Protección Civil del Municipio					
19	En caso de que ocurran lluvias fuertes la gente va a estar en peligro					
20	No tengo los recursos económicos para afrontar un desastre en mi propiedad y en mis bienes					

9 preguntas	Sentimiento de seguridad
11 preguntas	Sentimiento de inseguridad

## Abiertas

- A. ¿Qué sugerencias le haría al Gobierno Municipal para mejorar la seguridad de la población en caso de desastre? Explique.
- B. ¿Conoce el número de emergencia de Protección Civil? ¿Cuál es?
- C. ¿En términos generales considera que un Atlas de Riesgo podría ayudar a la población para contar con más información para prevenir los efectos de los desastres naturales? Explique.
- D. ¿Existen riesgos por sustancias químicas, disposición de residuos químicos industriales, rellenos sanitarios, basureros municipales o tiraderos clandestinos en donde vive?
- E. ¿Presenta su hogar algún daño por fenómenos perturbadores (inundación, sismo, deslizamiento, derrumbe, asentamiento)?  
¿Cuál?

**13.3. Situaciones de riesgo que afectaron a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez en 2008, 2009 y 2010**

Prog.	Domicilio	Colonia/Barrio/ Fraccionamiento	Tipo de Afectaciones
1	Embovedado del Arroyo San Roque (entre 10 <sup>a</sup> y 3 <sup>a</sup> Sur Oriente)	Barrio San Roque	Socavaciones
2	Andador San Roque, entre 4 <sup>a</sup> y 5 <sup>a</sup> Sur Oriente	Barrio San Roque	Socavaciones, grietas por hundimiento
3	5a Sur Ote. N° 682 Callejón Turipache	Barrio San Roque	Deslaves y erosiones
4	Arroyo Poc-Poc (entre 3 <sup>a</sup> y 4 <sup>a</sup> Avenida Sur y 14 <sup>a</sup> y 15 <sup>a</sup> Ote.)	Barrio Tzocotumbak	Inundaciones
5	6a Oriente y 16 Norte	Fracc. Rincón de La Florida	Inundaciones
6	Arroyo Santa Ana (Avenidas Francisco I. Madero, Miguel Hidalgo, Belisario Domínguez)	Col. Bienestar Social	Inundaciones
7	Arroyo Totoposte (Av. Bambú y Av. El Roble)	Col. Albania Baja	Inundaciones
8	Avenida El Sauce N° 17, 33, Libramiento Norte Oriente N° 77	Col. Albania Baja	Colapso del muro de contención del margen del arroyo Totoposte
9	20 <sup>a</sup> Avenida Sur Ote. (entre Carretera Villaflores y Prolongación de la 6 <sup>a</sup> Calle Oriente)	Col. Agua Azul	Encharcamientos
10	Calle Flor de Nochebuena (entre Av. Cascada y Av. Río Pichucalco)	Col. 12 de Noviembre	Inundaciones
11	4 <sup>a</sup> Ote. Sur entre 7 <sup>a</sup> Sur Ote. y Privada de la 9 <sup>a</sup> Sur Ote.	Delegación Terán	Encharcamientos en vialidades y drenajes azolvados
12	Calle Jardín Manzana 25 Lote 11, Calle Cantemo Manzana 25 Lote 22, Calle Primavera Manzana 9 Lotes 1, 2, 3, 10, 11, 16, Calle Bugambilia Manzana 9 Lote 1, 2, 3	Col. 6 de Junio	Deslizamientos de tierra
13	Calle Primavera entre la Av. Pinos y Av. San Francisco	Col. 6 de Junio	Socavamiento de vialidad
14	Manzana 13 Lotes 2-A, 3-A, 9-A y 9-B y área verde	Col. 6 de Junio	Socavación de márgenes del escurrimiento pluvial
15	Manzana 16 (área verde y lote 8)	Col. 6 de Junio	Deslizamiento de los márgenes del escurrimiento pluvial

16	Manzana 25 (lotes 22 y 23)	Col. 6 de Junio	Deslizamiento de talud
17	Calle Zaragoza y Lomas Verdes	Col. Ampliación Lomas de Oriente	Arrastre de material
18	3a y 4a Ote. Sur	Fracc. Ampliación El Puente, Solidaridad Chiapaneca, Fovissste III y Ampliación Terán	Inundaciones
19	Manzana 1	Col. Ampliación San Pedro	Erosiones
20	Arroyo la Laguna (8ª Calle Oriente Sur N° 540, 610, 11, 612)	Col. Ampliación Terán	Inundaciones
21	Manzanas H, I	Colonia Altos del Sur	Deslizamientos e inundaciones
22	Prol. Tulipanes (entre la Calle Prol. Cacao y Calle Naranja) y Calle Nochebuena (entre Blvd. y Prol. Cacao)	Col. Chiapas Solidario	Deslizamientos e inundaciones
23	Calle Central y 6ª Sur, 7ª y 8ª Sur, entre 1ª Pte. y Calle Central, 9ª y 10ª Sur entre 2ª y 3ª Pte.	Ejido Copoya	Inundaciones
24	Arroyo Poc-Poc (Circuito Los Sabinos, calle Los Robles)	Col. El Brasilito	Inundaciones
25	Arroyo Poc-Poc (23 Oriente Norte, Av. Araucarias, Priv. Acacia, Av. Álamo, Priv. Magnolia, Priv. Gardenia, Priv. Girasol, Priv. Jazmín)	Fracc. El Vergel	Inundaciones
26	Calle Maya entre Tulum y Lacanjá	Col. La Ideal	Inundaciones
27	Av. Jaina, Av. Uxmal	Col. Maya	Caída de un tramo del muro de contención del arroyo Totoposte
28	1ª Pte. entre Av. Central y 1ª Sur	Col. Francisco I. Madero	Inundaciones
29	Libramiento Sur a la altura de la 1ª y 2ª Pte.	Col. Francisco I. Madero	Encharcamiento de vialidades
30	Priv. de la 1ª Ote. y 1ª Norte, Calle Central, 1ª y 2ª Sur Poniente	Col. Industrial	Inundaciones
31	Arroyo Totoposte (Calle Chiapas Manzana 116)	Col. Las Granjas	Erosiones y socavaciones
32	Av. Sonora y calle Oaxaca	Col. Las Granjas	Encharcamientos
33	Av. Sonora, Av. Sinaloa, Calle Oaxaca, Calle Guerrero, Av. Colima, Calle Michoacán	Col. Las Granjas	Inundaciones
34	Av. Aguascalientes entre Calz. El Sumidero y Calle	Col. Las Granjas	Inundaciones

	Tabasco		
35	Manzana 39 (Lotes 1, 2, 3, 4) Manzana 40 (Lotes 1, 2, 3) Manzana 42 (Lote 10)	Col. La Reliquia	Encharcamientos
36	Calle 16 de Septiembre Manzana 19 Lotes 7, 8, 11, 14, 15	Col. Lindavista Shanka	Inundaciones
37	Calz. El Pedregal y 10ª Nte. Pte.	Col. La Gloria	Arrastre de material
38	Av. 18 de Marzo entre Blvd. 5 de Mayo y Prol. de la 2ª Pte. Sur	Col. Lindavista Shanka	Inundaciones
39	Circuito Los Poetas Poniente Sur	Fracc. Vida Mejor	Encharcamientos
40	Calle Margaritas Manzana 2 Lote 39	Col. Lomas Verdes	Deslaves
41	Av. Flamíngos N° 303, 306, 332 Av. Cisne N° 312	Col. Los Pájaros	Inundaciones
42	Calles Julio Cesar Caballero y Francisco Guillén	Fracc. Sabines	Encharcamientos
43	Cerrada Raquel Cal y Mayor Esq. Calz. Juan Sabines	Col. Municipal Los Presidentes	Encharcamientos
44	Arroyo El Cocal (18 y 21 Poniente, Libramiento Sur y Blvd. Belisario Domínguez)	Col. Penipak	Inundaciones
45	Anillo de Circunvalación 19, 20 y 21 Sur	Col. Penipak	Encharcamientos
46	Callejón San Francisco El Sabinal y Callejón El Juchi	Col. San Francisco El Sabinal	Inundaciones
47	And. Crisantemo y And. Margarita	Col. Fovissste II	Deslizamiento de cimentación, socavaciones, grietas y desplomes sobre la vertical del puente peatonal, colapso del muro de Gavión
48	Arroyo Chapultepec (San Isidro)	Fracc. San Martín, Col. San Isidro Buenavista, Col. Fovissste II	Inundaciones
49	Calle 5 de Febrero Pte. y 10 de Mayo	Col. San Isidro Buenavista	Inundaciones
50	And. Violeta y And. Alcatraz	Col. Fovissste II Jardín Corona	Inundaciones
51	Privada Rizo de Oro, Calle Rizo de Oro, Avenida Chiapas, Calle Guerrero, Calle Vista Hermosa, Calle Nayarit, Priv. Guanajuato, Av. Campeche, Calle	Col. Plan de Ayala	Inundaciones

	Jalisco		
52	Calles Rizo de Oro, Toluca, Buenos Aires	Col. Plan de Ayala	Encharcamientos
53	Calle Rizo de Oro, Cerrada Nuevo León y Calle Nuevo León	Col. Plan de Ayala	Inundaciones de aguas negras
54	Av. Coahuila	Col. Plan de Ayala	Deslizamientos
55	Calle Hidalgo Esq. Carretera Panamericana, Calle Morelos Esq. Av. Mosmote, Av. Tabasco	Col. Plan de Ayala	Encharcamientos
56	Arroyo San Agustín (Priv. Coahuila entre Calle San Juan y San Francisco)	Col. Plan de Ayala	Socavación del Margen
57	Av. Tamaulipas y Sinaloa	Col. Plan de Ayala	Encharcamientos
58	Privada Guadalajara, Av. Mérida	Col. Plan de Ayala Ampliación Norte	Inundaciones
59	Av. Guadalajara y callejón Guadalajara	Col. Plan de Ayala Ampliación Norte	Encharcamientos
60	Cerrada Oaxaca, Priv. Paraíso y Calle Bugambillas	Col. Plan de Ayala Ampliación Sur	Encharcamientos
61	4a Ote. Nte.	Col. San José Terán	Inundaciones
62	Callejón Mirador	Col. Mirador II San José Terán	Encharcamientos
63	11 Ote. Sur 10 Sur, Calle y Andador Comitán	Col. Infonavit Solidaridad	Arrastre de material
64	Andador Comitán	Col. Infonavit Solidaridad	Inundaciones
65	Av. Tuchtlán y Calle Sabanilla	Fracc. Centenario	Inundaciones
66	Privada de la 1ª Av. Sur Ote. 2ª Pte. Entre 6ª y 7ª Av. Sur	Col. Terán	Inundaciones
67	Calz. al Aeropuerto, entre calle Niño Perdido y Priv. Los Pósitos	Col. Ampliación Loma Bonita Terán	Inundaciones
68	Av. Chinkultic y Calle Palenque	Fracc. Fovissste Mactumatzá	Inundaciones
69	Calle Bonampak y Av. Chinkultic	Fracc. Fovissste Mactumatzá	Deslizamiento
70	Andador Palenque entre Bonampak y 10ª Ote.	Col. Infonavit Solidaridad la Curul	Inundaciones
71	Arroyo la Laguna (1ª Av. Nte. Ote. Entre 5ª Ote. y	Col. Terán	Inundaciones



	Facultad de Humanidades), 3ª Av. Nte. Ote. 3ª Av. Sur Pte.		
72	Av. Constitución entre la 4ª Ote. y Blvd. Belisario Domínguez	Col. Terán	Desplome sobre la vertical, socavaciones profundas
73	Jagüey (Rancho Las Palomas)	Col. Loma Bonita Terán	Inundaciones
74	Arroyo la Laguna (Puente Peatonal de la 1ª Sur entre 5ª y 7ª Ote.)	Col. Ampliación Terán	Inundaciones
75	Av. Golondrinas y calle Cenzontle	Fracc. Buenos Aires Terán	Inundaciones por aguas negras
76	Arroyo la Laguna (Puente Vehicular El Arenal- Av. Central Ote.)	Fracc. Buenos Aires Terán	Inundaciones
77	Av. Central Oriente entre 5ª Ote. y Calle Canario	Fracc. Buenos Aires Terán	Inundaciones
78	Calle Monte Horeb y Av. Nazaret	Col. Nueva Jerusalén	Colapso de puentes vehiculares
79	Av. Ciencias Administrativas	Fracc. Higo Quemado	Deslizamientos de tierra del predio colindante al sur, inundaciones
80	Calle Grieta entre Av. Rosario El Sabinal y Av. Brisa, Calle Las Lomas	Fracc. La Gloria	Encharcamientos, inundaciones de aguas negras
81	Calle Risco, Lluvia, Cantil	Fracc. La Gloria	Inundaciones de aguas negras
82	Embovedado del Arroyo Cerro Hueco (Calle Palma N° 300 Condominio Hawái)		Inundaciones
83	Circuito Las Arboledas, Circuito Los Sabinos	Fracc. El Arenal	Inundaciones de aguas negras
84	Calle Cruce al Club Campestre	Fracc. Villa Blanca	Inundaciones
85	Calle Agrónomos y Av. Doctorado	Fracc. Bulevares	Inundaciones
86	2ª Calle Pte. entre Calle Central y 1ª Av. Sur	Col. Centro	Hundimiento, grietas y fisuras
87	4ª Nte. Ote. a la altura de la calle Central y 1ª Ote.	Col. Centro	Inundaciones
88	Arroyo El Cocal (12 Sur Poniente)		
89	5ª Sur Ote. entre 2ª y 3ª Ote.	Col Francisco I. Madero	Inundaciones
90	Privada Juan Sabines	Col. Ribera Cerro Hueco	Acumulación de material
91	Arroyo Pomarrosa (14 Pte. Nte.)	Col. Centro	Inundaciones
92	Arroyo Poc-Poc (2ª Sur Oriente, 15 y 16 Oriente)	Col. Centro	Inundaciones
93	9ª Ote. Nte., 2ª Ote. Sur, 11 Sur Oriente, 17 Oriente y 5ª Norte	Col. Centro	Inundaciones
94	Calle Central Sur	Col. Centro	Encharcamientos

95	Arroyo Potinaspak (8ª Nte. entre 3ª y 4ª Pte.)	Barrio Niño de Atocha	Inundaciones
96	15 Pte. y 4a Sur	Col. Xamaipak	Encharcamientos
97	16 Nte. y Calle Central		Encharcamientos
98	Libramiento Nte. Ote. y Calz. al Sumidero	Col. Albania Alta	Encharcamientos
99	16 Pte. y 17 Sur	Col. Romeo Rincón	Encharcamientos
100	Av. Clavel entre Sauce y Pomarrosa	Col. Potinaspak	Inundaciones
101	Priv. de los Juárez	Col. Penipak	Inundaciones
102	Calle Ángel Albino Corzo entre José Ma. Pino Suarez y Libramiento Nte.	Col. Juárez	Inundaciones
103	Calle Gladiola entre Prol. de la 5ª Pte. Nte. y Calle Sauce	Col. Bonampak	Inundaciones
104	Calle Palma N° 300 Condominio Hawái	Col. Las Palmas	Hundimiento junto al embovedado del Arroyo Cerro Hueco, asentamiento en barda perimetral
105	Embovedado del arroyo Cerro Hueco (Calle Palma N° 300 Condominio Hawái)	Col. Las Palmas	Socavaciones en la cimentación del embovedado del arroyo
106	Calle Palma Blanca entre Palma Real y Palma Cádiz, Av. Palma Real	Col. Las Palmas	Inundaciones
107	Palma China N° 100-B	Col. Las Palmas	Tramo faltante del muro de contención en el margen oriente del Arroyo Cerro Hueco
108	Arroyo Santa Ana (Av. del Rosario y Av. del Carmen)	Col. Santa Ana	Inundaciones
109	Calle Fray Matías de Córdoba esq. Daniel Robles Sasso, Av. Fray Víctor Ma. Flores, Av. Ángel Albino Corzo, Av. Fernando Castañón	Col. Unidad Chiapaneca	Inundaciones cuando los escurrimientos de aguas pluviales se acumulan en vialidades
110	Av. Rosario Castellanos y Andador Fray Matías de Córdoba	Col. Unidad Chiapaneca	Socavaciones severas, colapso de muro de mampostería y ampliación del cauce del río Sabinal por deslizamiento del margen
111	1ª Calle Ote. entre Av. Central y 1ª Av. Nte. 2ª Calle Ote. entre Av. Central y 1ª Av. Sur, 4ª Ote, Nte. 6ª Sur Ote. esq. Carretera Suchiapa	Ejido El Jobo	Inundaciones

112	Calle Central y 8ª Ote.	Ejido El Jobo	Encharcamientos
113	Carretera a Suchiapa y acceso al Ejido Copoya		Encharcamientos
114	Calle Margaritas, Av. Pomarrosa	Colonia Pomarrosa	Encharcamientos
115	Arroyo Pomarrosa (Priv. de la 13 Pte. Nte.)	Barrio Juy-Juy	Inundaciones
116	Av. Juan Diego	Fracc. Guadalupe	Inundaciones, arrastre de material
117	Carretera Tuxtla-Villaflores (tanque 1 El Jobo-Smapa)		Deslizamientos, asentamientos, grietas
118	Arroyo Patria Nueva (Calle Sindicato de Trabajadores de la Salud Manzanas 9 y 11)	Fracc. Fetse	Inundaciones
119	Manzana 6, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 32, 33, 34, 35, 36, 42, 43, 44	Col. Lomas del Oriente	Deslizamientos, hundimientos, grietas, asentamientos
120	Puma, Gato Montes, Ocelotes, Jaguar	Fracc. La Cueva del Jaguar	Deslizamientos, hundimientos, grietas, asentamientos
121	Av. Diamante, Av. Ámbar, Av. Amatista, Av. Albita, Av. Aguamarina, Av. Ágata	Fracc. Joyas del Oriente	Deslizamientos
122	Calle Lomita, Calle Trinitaria, Callejón Los Magueyes	Col. Loma Bonita	Inundaciones
123	Calle Olmos, Av. Álamo, Calle Ciprés esq. Av. Fresno	Col. Patria Nueva de Sabines	Encharcamientos
124	Av. Nogal Oriente, Calle Ébano Norte, Calle Abedul Sur, Avellano Sur, Primavera Sur, Olivo Sur (entre Laurel y Álamo), Eucalipto Sur y Olmo Sur	Col. Patria Nueva de Sabines	Inundaciones
125	Calle Nogal Norte, Ahuehuete, Sabino	Col. Patria Nueva de Sabines	Inundaciones de aguas negras
126	Arroyo Patria Nueva (Circunvalación Tamarindos, Andador Naranja)	Fracc. La Ilusión	Inundaciones
127	Arroyo San Pascualito (11 Sur esquina 7ª Pte., 10 Sur entre 7ª y 8ª Pte.)		Inundaciones
128	Privada Orquídea (Calz. Andrés Serra Rojas entre 9ª Sur y Libramiento Sur)	Fracc. Orquídea	Inundaciones
129	Fracc. Villas de Ensueño (en su colindancia con el predio ubicado en calz. Andrés Serra Rojas N° 1021)	Col. Castillo Tielmans	Deslizamientos
130	Cerrada Usumacinta Manzana 4	Col. Colinas del Sur	Inundaciones
131	Calle Cristóbal Colon, San Francisco y San Judas	Col. San Juan Bautista	Inundaciones y arrastre de

	Tadeo		material
132	Arroyo Potinaspak (10 Av. Nte. Pte)		Inundaciones
133	11 Sur Pte.		Inundaciones
134	6ª Calle Pte. y 11 Sur		Encharcamientos
135	Av. Rafael Pascasio Gamboa y Calle Ciprés	Col. Bosques del Sur	Deslizamientos
136	Av. Dr. Pomposo Paniagua	Fracc. Sabines	Deslizamientos
137	Av. Paseo de los Fresnos, Paseo de la Primavera	Col. Mirador 2a Sección	Inundaciones
138	Bldv. San Cristóbal y Circunvalación Pichucalco	Col. Moctezuma	Encharcamientos
139	Bldv. Victoria (Denominado también Bldv. Ángel Albino Corzo) Manzana D, Av. Natalia Venegas y calle Diego de Mazariegos	Col. La Victoria	Inundaciones
140	Callejón Privado (entre 19 y 20 Sur)	Col. Romeo Rincón	Inundaciones
141	Av. Pino entre Rosa del Ote. y Cerrada al Sabinal	Fracc. El Bosque	Encharcamientos
142	Arroyo Patria Nueva (Bldv. Paso Limón, Priv. del Pensamiento, Libramiento Norte Oriente S/N)	Col. Paso Limón	Inundaciones
143	Callejón La Salle, Av. Etiennes, Burdeos, Versalles, y Toulouse	Col. La Salle	Inundaciones
144	Manzanas 1, 2, 3, 4 y 5	Col. Monterrosa	Deslizamientos
145	Andador Niza, Madrid, Calle Central	Col. Potrero Mirador	Deslizamientos
146	Calle Ha	Fracc. Lum-Ha	Inundaciones
147	Calle Esmeralda	Fracc. Esmeralda	Inundaciones
148	Calle Laguna Agua Azul	Fracc. Laguitos Electricistas	Inundaciones
149	Manzana 2	Fracc. Nueva Esperanza	Deslizamientos
150	Manzana 8	Col. Buenavista	Deslizamientos
151	Av. Alamos, Av. Cedros, andador Flamboyanes, Av. Ciprés, Av. Pino, calle Dr. Faustino Miranda	Fracc. Madero	Inundaciones
152	Arroyo Santa Ana (Av. Guayacán)	Fracc. Real del Bosque	Inundaciones
153	And. Rosa Naranja, Rosa Arena, Rosa Brillante, Rosa Celeste, Rosa Bermellón	Col. Infonavit El Rosario	Inundaciones, arrastre de material
154	And. Rosa Brillante, Calle Rubí, Av. Circonia	Col. Infonavit El Rosario	Azolvamiento de alcantarillas
155	And. Rosa Arena, And. Rosa Celeste, And. Rosa Brillante	Col. Infonavit El Rosario	Encharcamientos
156	Calle Quinta Real esq. calle Loma Real	Fracc. San Cristóbal	Asentamientos

157	Av. 20 de Abril Manzana 2	Col. Las Américas	Deslizamientos
158	Arroyo Potinaspak (Circuito San Francisco, San Jorge, Santa Mónica)	Fracc. Santa Clara	Inundaciones, asentamientos
159	Circuito Margaritas Fracc. Santa Rosalía	Calz. Samuel León Brindis N.º 2176	Asentamientos
160	Privada San Antonio y Av. Florencia Manzanas 1, 2 y 3	Fracc. La Misión	Inundaciones
161	Circuito Las Casas Poniente	Fracc. La Misión	Tramo colapsado del muro del canal pluvial y agrietamientos severos
162	Privada San Antonio y Av. Florencia Manzanas 1, 2 y 3	Fracc. La Misión	Desplome del muro del canal pluvial
163	Calle Chalma entre Circuito Las Casas Sur y Av. Covadonga, Circuito Las Casas Norte entre Circuito Las Casas Ote. y Circuito Las Casas Pte.	Fracc. La Misión	Arrastre de material
164	Calle Rebombeo, Calle Palmar (también conocida Prolong. de la Calle Agustín Sánchez, Camino Viejo a Cerro Huevo), Av. Pirul, Av. Cedro Manzanas 32, 33 y 34	Col. Paseo del Bosque	Bardas y muros en riesgo de colapsarse
165	Andador del Arroyo Cerro Huevo, (entre Av. Los Almendros y Av. Cupapé), Av. Pirul	Col. Paseo del Bosque	Socavaciones
166	Bldv. Belisario Domínguez (entre Calle Laureles y Calle San Francisco Sabinal), Km 1080		Inundaciones
167	Bldv. Belisario Domínguez N° 3710	Fracc. Villas de Montecristo	Inundaciones
168	Bldv. Belisario Domínguez N° 1670	Fracc. Colonial Jardín	Inundaciones
169	Arroyo San Agustín (Av. Azaleas, entre Bldv. Los Laureles y Andador Crisantemo)	Fracc. Laureles	Colapso del muro de mampostería del margen del arroyo, socavaciones en la base y grietas

### 13.4. Grados de vulnerabilidad, escala Saffir-Simpson

Categoría	Velocidad	Vulnerabilidad
H1	119-153	Ningún daño efectivo a los edificios. Daños menores a arbustos y árboles. Algunas inundaciones de carreteras y costeras y daños leves a muelles.
H2	154-177	Provoca algunos daños a los tejados, puertas y ventanas de edificios. Daños considerables a la vegetación, casas y muelles. Las carreteras costeras se inundan dos horas antes de la entrada del centro del huracán.
H3	178-209	Provoca algunos daños estructurales a pequeñas residencias y construcciones auxiliares, con pequeñas fisuras en los muros. Las inundaciones cerca de la costa destruyen las estructuras más pequeñas y los escombros flotantes dañan a las mayores. La erosión y el transporte de objetos se incrementan.
H4	210-250	Provoca fisuras más generalizadas en los muros, con derrumbe completo de toda la estructura del techo de las viviendas pequeñas. Las inundaciones de los terrenos planos debajo de tres metros situados a 10 kilómetros de la costa. La erosión es muy fuerte en las playas.
H5	>250	Derrumbe total de los techos en muchas residencias y edificios. Algunos edificios se desmoronan y el viento se lleva las construcciones. Los daños son graves en los pisos bajos de todas las estructuras. La erosión de las playas y la remoción en masa del relieve son muy elevados.

### 13.5. Estaciones pluviométricas

Para cada estación pluviométrica, se realizó un análisis regional basado en el método de estaciones-año (Domínguez et al, 2004). A esta muestra regional se le ajustó una función Doble Gumbel con la que se estimó un valor regional (VR), como se observa en la segunda columna del cuadro 13.5.1, para períodos de retorno (Tr) de entre 2 y 200 años los cuales se multiplicaron posteriormente por la media de los máximos anuales correspondiente a cada estación.

Cuadro 13.5.1. Resumen de ajustes para el caso de las estaciones pluviométrica (d=1 hora).

Valores Regionales		Tuxtla media 47.94	Las Palmas media 48.57	Berriozábal media 39.11	Boquerón media 55.32
Tr	VR				
2	0.88	42.19	42.74	34.42	48.68
10	1.65	79.1	80.14	64.53	91.28
50	2.44	116.97	118.51	95.43	134.98
100	2.76	132.31	134.05	107.94	152.68
200	3.08	147.66	149.6	120.46	170.39

Se procedió a calcular las características de cada subcuenca, tales como el área por subcuenca, longitud de cada cauce, así como la pendiente promedio de los cauces por subcuenca. De dichas características se muestra un resumen en el cuadro 13.5.2. Cabe mencionar que para el caso de la subcuenca Patria Nueva existen dos cauces principales, ya que uno corresponde al arroyo Patria Nueva Norte y el otro al Arroyo Sur Oriente (López, 2006).

Cuadro 13.5.2. Resumen de parámetros por subcuenca.

Nº	Subcuenca	Área km <sup>2</sup>	Longitud del Cauce	Pendiente
1	24 de junio	9.35	5844	0.1119
2	Arrollo Centro Sur	19.57	5023	0.1188
3	Cerro Hueco	6.9	6161	0.0651
4	Chacona	86.83	22268	0.0221
5	Potinaspak	32.11	13485	0.0518
6	Patria Nueva	17.78	3924	0.1088
			5787	0.0423
7	Poc Poc	4.65	6071	0.0575
8	Pomarosa	16.5	4649	0.0744
9	San Agustín	28.97	14042	0.0333
10	Berriozábal	91.74	20788	0.0218
11	San Francisco	57.44	20313	0.0248
12	San José El Arenal	3.88	3780	0.0132
13	San Roque	11.43	7609	0.0679
14	Santa Ana	4.14	5351	0.0675
15	Totoposte	16.13	7535	0.066

Fuente (López, 2006)

Posteriormente se obtuvieron factores de ajuste por duración (FRD) y área (FRA). Para obtener factores de ajuste por área se utilizaron los resultados del estudio *“Regionalización de lluvias y escurrimiento en la cuenca del alto río Grijalva”* (Guichard, 1998). Para el cálculo de la precipitación efectiva y del coeficiente de escurrimiento, se utilizó el método propuesto por el U.S. Soil Conservation Service, denominado Método de los Números de Escurrimiento, n. La razón por la cual se usa este método indirecto para el cálculo del coeficiente, es que la información hidrométrica en la cuenca del río Sabinal es escasa. En el cuadro 11.5.2, se muestran las áreas y porcentajes por cada uso de suelo, así como sus respectivos números de escurrimiento, n, tomados en cuenta en este estudio para el cálculo de los coeficientes de escurrimiento. La N ponderada depende del número de escurrimiento, del tipo y textura de suelo así como la cobertura vegetal presente en la cuenca.



### 13.6. Metodología para el análisis de la sequía

El análisis que se presenta tiene como base el conocimiento de las características de cada una de las 10 estaciones climatológicas disponibles para el municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. El procedimiento seguido para cada una de las estaciones involucradas se ejemplifica a continuación:

Estación: 07039

Nombre: El Boquerón, Suchiapa

Localización: Lat: 16.64, Long: -93.16

Ubicación: 480 msnm

Registro: 1949-2005

Tamaño de muestra: 57

Registro: Hp anual

1.- El primer paso es la determinación de la lámina de precipitación acumulada anual, para lo cual se empleó la base de datos contenida en el disco compacto ERIC (IMTA, 2009), que contiene información promedio de 1940 a 1997 (Cuadro 13.6.1).

13.6.1. Lámina de lluvia acumulada anual (mm) de la estación 07039 (El Boquerón, Suchiapa)

Año	Precipitación acumulada anual (mm)	Año	Precipitación acumulada anual (mm)	Año	Precipitación acumulada anual (mm)	Año	Precipitación acumulada anual (mm)
1949	642.7	1963	956.1	1977	694.6	1991	703.8
1950	579	1964	960.8	1978	976.4	1992	798.2
1951	964.3	1965	1056	1979	943.1	1993	888.9
1952	1110.5	1966	1142	1980	816.4	1994	697.3
1953	595.5	1967	796.4	1981	1115.4	1995	1155.8
1954	1145.2	1968	757.1	1982	733.1	1996	1329.3
1955	1081.6	1969	928.7	1983	965.4	1997	1084.2
1956	893.6	1970	979.8	1984	559.5	1998	1092.9
1957	659.6	1971	1183.4	1985	906	1999	1282.8
1958	1135	1972	680.4	1986	631.7	2000	966.8
1959	1020.7	1973	1138.9	1987	703.3	2001	999
1960	1279.7	1974	811.9	1988	1175.5	2002	892.9
1961	900.5	1975	904.8	1989	987.9	2003	1095.3
1962	976.2	1976	847.2	1990	933.8	2004	812
						2005	1113.2

El segundo paso fue la obtención de los siguientes datos estadísticos muestrales:

- Media (Hp):

$$Hp = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = 933 \text{ mm}$$

- Desviación estándar:

$$S = \sqrt{s^2} = 191.48$$

- Coeficiente de asimetría:

$$g_{no\ sesgada} = (n - 1)^n (n - 2) g_{sesgada} = -0.10$$

- Coeficiente de variación:

$$Cv = \frac{S}{x} = 4.87$$

3.- Mediante la técnica de las secuencias de una serie de tiempo, en un tercer paso se obtuvieron los períodos de sequía o de superávit del registro analizado. Es importante mencionar que el umbral seleccionado es la lluvia media anual  $H_p =$  mm incrementada en un 5% es decir,  $X_o = 1.05 * 933 \text{ mm} = 979.7$ . Este incremento obedece a que en algunas ocasiones después de un período seco (lluvia menor que la media) se tiene una lluvia que es igual a la media o ligeramente mayor que ésta, pero no significa que el período de sequía termine realmente, sino que se trata de una interrupción temporal, la cual es conocida como *intervento*.

4.- Con esta consideración, en el Cuadro 13.6.2 se muestran los períodos de déficit (D) y superávit (S) de la serie analizada.

Cuadro 13.6.2. Identificación de los períodos de déficit (D) y superávit (S) de la estación 07039.

Año	Precipitación acumulada anual (mm)	Período de D/S	Año	Precipitación acumulada anual (mm)	Período de D/S	Año	Precipitación acumulada anual (mm)	Período de D/S	Año	Precipitación acumulada anual (mm)	Período de D/S
1949	642.7	D	1963	956.1	D	1977	694.6	D	1991	703.8	D
1950	579	D	1964	960.8	D	1978	976.4	D	1992	798.2	D
1951	964.3	D	1965	1056	S	1979	943.1	D	1993	888.9	D
1952	1110.5	S	1966	1142	S	1980	816.4	D	1994	697.3	D
1953	595.5	D	1967	796.4	D	1981	1115.4	S	1995	1155.8	S
1954	1145.2	S	1968	757.1	D	1982	733.1	D	1996	1329.3	S
1955	1081.6	S	1969	928.7	D	1983	965.4	D	1997	1084.2	S
1956	893.6	D	1970	979.8	D	1984	559.5	D	1998	1092.9	S
1957	659.6	D	1971	1183.4	S	1985	906	D	1999	1282.8	S
1958	1135	S	1972	680.4	D	1986	631.7	D	2000	966.8	D
1959	1020.7	S	1973	1138.9	S	1987	703.3	D	2001	999	S
1960	1279.7	S	1974	811.9	D	1988	1175.5	S	2002	892.9	D
1961	900.5	D	1975	904.8	D	1989	987.9	S	2003	1095.3	S
1962	976.2	D	1976	847.2	D	1990	933.8	D	2004	812	D
									2005	1113.2	S

En el cuadro anterior se puede observar que el período más largo ocurrió de 1974 a 1980 (duración D= 7 años) y la severidad o magnitud de la sequía fue de S= 863.3 mm y su intensidad anual igual a I= 123.3 mm/año, que representa una desviación con respecto a la media de 12.6%.

Otras características que se obtuvieron de la tabla anterior son la periodicidad y duración promedio de las sequías. En este caso los resultados son P=4.5 años y D=3 años, que para el caso práctico de las sequías anuales y multianuales se pueden establecer los siguiente valores: P= 5 años y D=3 años.

5.- A partir de la información contenida en el Cuadro es posible determinar los deciles de la serie. El primer paso es ordenar la muestra de menor a mayor magnitud, así al valor más grande registrado se le asigna la variable Hp(n) y al más pequeño Hp(1). Aquí n es el tamaño total del registro. Posteriormente el valor de cada decil es obtenido de la siguiente forma:

$$\text{decil (1)} = Hp(1) + \text{constante}$$

$$\text{decil (i)} = \text{decil (i - 1)} + \text{constante} \quad \text{para } i = 2 \text{ hasta } 10$$

$$\text{constantes} = \frac{Hp(n) - Hp(1)}{10}$$

Con este procedimiento se obtienen los deciles mostrados en el Cuadro 13.6.3.

Cuadro 13.6.3. Estimación de los deciles de lluvia para la estación 07039, El Boquerón, Suchiapa.

Número	Decil (mm)
1	636.48
2	713.46
3	790.44
4	867.42
5	944.4
6	1021.38
7	1098.36
8	1175.34
9	1252.32
10	1329.3

El primer decil es la cantidad de lluvia que no excede el 10% del total, y son en cuanto a magnitud e intensidad los eventos de sequía más adversos que pueden ocurrir en un sitio determinado. En la muestra analizada se tienen eventos por debajo del primer decil, los cuales han ocurrido en orden de mayor a menor severidad en los años 1984, 1950, 1953, 1986. La lámina más adversa registrada en el periodo analizado es de 559.5 mm (1984) y la desviación a la media de este evento representa el 57.1%.

6.- Del registro histórico también se obtuvo la periodicidad promedio de la ocurrencia de un evento que fuera igual o menor que el primer decil, que resultó de 9 años, 1950 a 1953 (3 años), 1953 a 1984 (32 años), 1984 a 1986 (2 años).

### 13.7. Análisis estadístico de precipitación para los periodos de retorno de 2, 10, 50, 100 y 200 años

Se recopilaron registros de precipitaciones máximas anuales acumuladas en 24 horas de 10 estaciones. La ubicación y los años de registro de cada estación se presentan a continuación en el Cuadro 13.7.1, así también se enlista el procedimiento realizado para el análisis.

Cuadro 13.7.1 Estaciones climatológicas empleadas.

Estación	Latitud	Longitud	Altura msnm	Años de registro
Berriozábal	16°47'4"5	93°16'30"	890	14
El Boquerón	16° 38'31"	93°09'00"	480	53
El Progreso	17° 02'45"	93°18'32"	170	43
La Selva	17° 00'30"	93°28'30"	588	17
Las Palmas	16°45'42"	93°05'10"	550	25
Las Limas	16°45'03"	93°22'26"	800	52
Puente Colgante	16°44'26"	93°01'52"	418	50
San Fernando	16°52'23"	93°13'37"	900	22
El Sabinal (CNA)	16°45'50"	93°08'14"	540	53
ZooMAT	16°43'22"	93°05'54"	575	8

1. Con los registros de las estaciones climatológicas, se realizó el ajuste de las funciones de distribución de probabilidades para cada estación y para cada período de retorno. Los resultados del ajuste se presentan en el Cuadro 13.7.2.

Cuadro 13.7.2. Resumen de ajustes para cada estación pluviométrica para los períodos de retorno de 2, 10, 50, 100 y 200 años.

Estación	Tipo de ajuste	N.º de datos	Hp en mm para diferentes periodos de retorno (años)				
			Tr= 2	Tr= 10	Tr= 50	Tr= 100	Tr= 200
El Boquerón	D Gumbel	53	66.4	118.7	177.3	199.6	221.3
Ocozocoautla	D Gumbel	52	70.6	109.7	143.7	157.7	171.5
El Progreso	D Gumbel	43	82.3	139.9	240.4	280.8	320.2
Tuxtla (DGE)	D Gumbel	53	68.1	100.9	132.6	145.9	159.1
La Selva	D Gumbel	17	87.4	174.6	254.6	284.2	313.1
Berriozábal	Gumbel	14	122.3	211.4	289.5	322.5	355.4
Las Palmas (CFE)	Gumbel	25	64.7	89.2	110.8	119.9	128.9
Puente Colgante	Gumbel	50	71.3	104.4	133.5	145.8	158
ZooMAT	Gumbel	8	99	166.2	225.2	250.1	274.9
San Fernando	Gumbel	22	69.4	105.7	137.5	151	164.4

- Para cada estación pluviométrica, se realizó un análisis regional basado en el método de estaciones-año (Domínguez et al, 2004). A esta muestra regional se le ajustó una función Doble Gumbel (Figura 13.7.1) con la que se estimó un valor regional (VR), como se observa en el Cuadro 13.7.2 para períodos de retorno (Tr) de entre 2 y 200 años los cuales se multiplicaron posteriormente por la media de los máximos anuales correspondiente a cada estación. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 13.7.3.

Cuadro 13.7.3. Resumen de ajustes para el caso de las estaciones pluviométrica (d=1 hora). Fuente: López, 2006.

Valores Regionales		Tuxtla media 47.94	Las Palmas media 48.57	Berriozábal media 39.11	Boquerón media 55.32
Tr	VR				
2	0.88	42.19	42.74	34.42	48.68
10	1.65	79.1	80.14	64.53	91.28
50	2.44	116.97	118.51	95.43	134.98
100	2.76	132.31	134.05	107.94	152.68
200	3.08	147.66	149.6	120.46	170.39

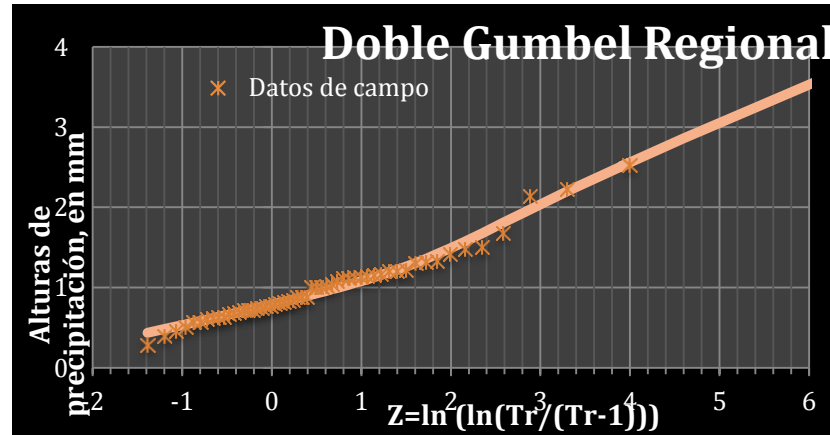


Figura 13.7.1. Ajuste Doble Gumbel regional.

- Se procedió a calcular las características de cada subcuenca, tales como el área por subcuenca, longitud de cada cauce, así como la pendiente promedio de los cauces por subcuenca. De dichas características se muestra un resumen en el cuadro 13.7.4. Cabe mencionar que para el caso de la subcuenca Patria Nueva existen dos cauces principales, ya que uno corresponde al Arroyo Patria Nueva Norte y el otro al Arroyo Sur Oriente (López, 2006).



Cuadro 13.7.4. Resumen de parámetros por subcuenca. Fuente: López, 2006.

N.º	Subcuenca	Área km <sup>2</sup>	Longitud del Cauce	Pendiente
1	24 de junio	9.35	5844	0.1119
2	Arrollo Centro Sur	19.57	5023	0.1188
3	Cerro Hueco	6.9	6161	0.0651
4	Chacona	86.83	22268	0.0221
5	Potinaspak	32.11	13485	0.0518
6	Patria Nueva	17.78	3924	0.1088
			5787	0.0423
7	Poc Poc	4.65	6071	0.0575
8	Pomarosa	16.5	4649	0.0744
9	San Agustín	28.97	14042	0.0333
10	Berriozábal	91.74	20788	0.0218
11	San Francisco	57.44	20313	0.0248
12	San José El Arenal	3.88	3780	0.0132
13	San Roque	11.43	7609	0.0679
14	Santa Ana	4.14	5351	0.0675
15	Totoposte	16.13	7535	0.066

- Posteriormente se obtuvieron factores de ajuste por duración (FRD) y área (FRA). Para obtener factores de ajuste por área se utilizaron los resultados del estudio *“Regionalización de lluvias y escurrimiento en la cuenca del alto río Grijalva”* (Guichard, 1998).
- Para el cálculo de la precipitación efectiva y del coeficiente de escurrimiento, se utilizó el método propuesto por el U.S. Soil Conservation Service, denominado Método de los Números de Escurrimiento, n. La razón por la cual se usa este método indirecto para el cálculo del coeficiente, es que la información hidrométrica en la cuenca del río Sabinal es escasa. En el Cuadro 13.7.5 se muestran las áreas y porcentajes por cada uso de suelo, así como sus respectivos números de escurrimiento, n, tomados en cuenta en este estudio para el cálculo de los coeficientes de escurrimiento. En el Cuadro 13.7.6 se presenta la N ponderada para cada subcuenca. Esta N ponderada depende del número de escurrimiento, del tipo y textura de suelo, así como la cobertura vegetal presente en la cuenca.

Cuadro 13.7.5. Tipo de suelo en la cuenca del río Sabinal. Fuente: López 2006.

Tipo de suelo	Área (km <sup>2</sup> )	%	n
Agricultura de temporal con cultivos anuales	92.76	22.77	72
Área urbana	81.39	19.98	80
Pastizal cultivado	15.39	3.78	67
Pastizal inducido	10.10	2.48	67
Selva alta y mediana perennifolia	1.03	0.25	52
Selva alta y mediana subperennifolia	9.03	2.22	52
Selva alta y mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	49.75	12.21	60
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	40.51	9.94	68
Selva baja caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea	107.44	26.37	68
<b>Total</b>	<b>407.44</b>	<b>100</b>	

Cuadro 13.7.6. N ponderada por subcuenca. Fuente: López, 2006.

Subcuencas	N ponderada
24 de Junio	73.16
Arrollo Centro Sur	77.41
Cerro Hueco	76.62
Chacona	67.10
Potinaspak	67.85
Patria Nueva y otros	75.73
Poc Poc	78.34
Pomarosa	73.43
Berriozábal	68.18
San Agustín	68.18
San Francisco	69.32
San José el Arenal	75.21
San Roque	73.11
Santa Ana	72.91
Totoposte	72.51

5. Para obtener la precipitación media total por subcuenca, se realizó un procedimiento en el cual se determinó por el método de los Polígonos de Thiessen la precipitación media por subcuenca. La precipitación media fue afectada por los factores de reducción por área y duración, obteniendo así una altura de precipitación promedio para diferentes periodos de retorno. Se consideró el efecto de simultaneidad, es decir, que en toda la cuenca estuviera lloviendo, tomando este escenario como la situación más desfavorable o de diseño.
6. El siguiente paso fue calcular la lluvia efectiva con la altura de precipitación promedio y el número de escurrimiento n. Por último se obtuvo el coeficiente de escurrimiento para cada subcuenca y para los diferentes periodos de retorno (López, 2006).
7. Para conocer la distribución temporal de las tormentas en la zona en estudio, se prosiguió a definir la forma del hietograma total que produce la tormenta para diferentes duraciones. Es importante aclarar que, al hablar del hietograma total de la tormenta, se refiere a todas las barras que produce dicha tormenta y no solo la lluvia en exceso. Por ejemplo, en la Figura 13.7.2 se muestra el hietograma obtenido de la subcuenca de San Francisco para un periodo de retorno de 200 años.

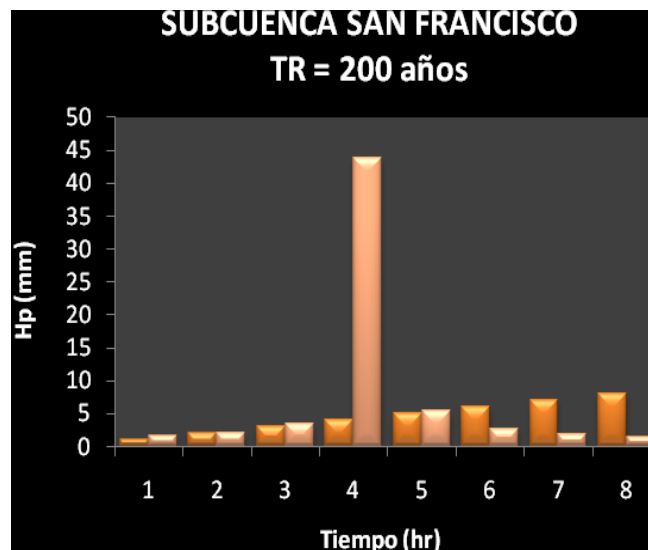


Figura 13.7.2. Forma del hietograma para la subcuenca San Francisco (Tr=200 años).

8. Finalmente se determinaron los hidrogramas por el método SCS, para luego calcularlos a intervalos de tiempo constante. Este cálculo se realizó para cada una de las 15 subcuencas. A continuación se presenta el hidrograma unitario adimensional para la cuenca Chacona (Figura 13.7. 3).

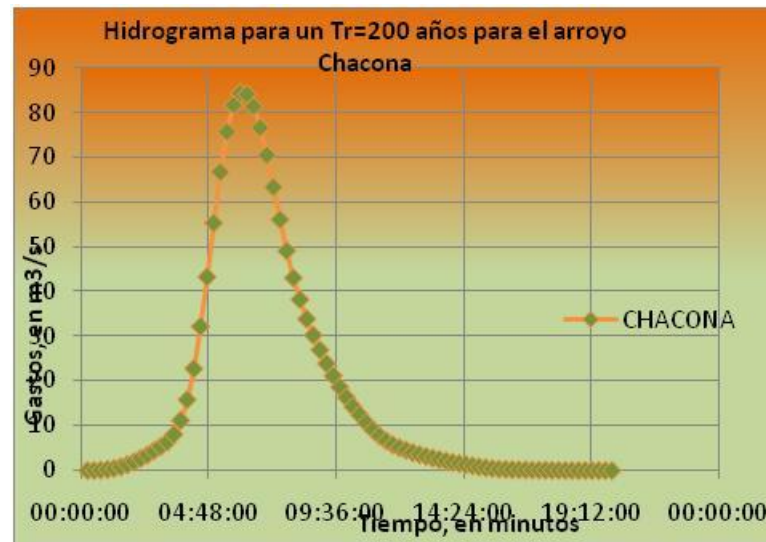


Figura 13.7.3. Hidrograma unitario adimensional para la subcuenca Chacona.

Para obtener los hidrogramas a partir de la precipitación efectiva y un hidrograma unitario adimensional para cada subcuenca (López, 2006) se utilizó el siguiente procedimiento:

- Se construyó un archivo de datos, el cual contenía en una columna los datos de la Precipitación efectiva ( $P_e$ ) en mm, en intervalos de tiempo regulares  $\Delta t = 0.2 \text{ h}$  (a cada 15 minutos).
- En otra columna se agregaron los datos del hidrograma unitario calculado en el apartado anterior en intervalos de tiempo regulares.
- A continuación se ingresó el archivo al programa QSCS, el cual obtiene el hidrograma de acuerdo con el principio de superposición de causas y efectos, donde el hidrograma de la tormenta completa es producido mediante el siguiente

razonamiento, si  $U_i$  es la  $i$ -ésima ordenada del hidrograma unitario y  $P_j$  es la  $j$ -ésima lluvia del hietograma, las ordenadas  $Q_i$  del hidrograma son, por ejemplo.

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= P_1U_1 \\
 Q_2 &= P_1U_2 + P_2U_1 \\
 Q_3 &= P_1U_3 + P_2U_2 + P_3U_1 \\
 Q_4 &= P_2U_3 + P_3U_2 \\
 Q_5 &= P_3U_3
 \end{aligned}$$

En general, la  $k$ -ésima ordenada del hidrograma  $Q_k$  es:

$$Q_k = \sum_{J=1}^K P_J U_{K-J+1}$$

En la Figura 13.7.4. Se muestra como ejemplo el hidrograma calculado para la subcuenca San Francisco para el periodo de retorno de 5 años. Con los gastos picos encontrados se procedió a la utilización del programa de cómputo HEC-GEORAS para determinar las zonas inundables del cauce principal del río Sabinal.

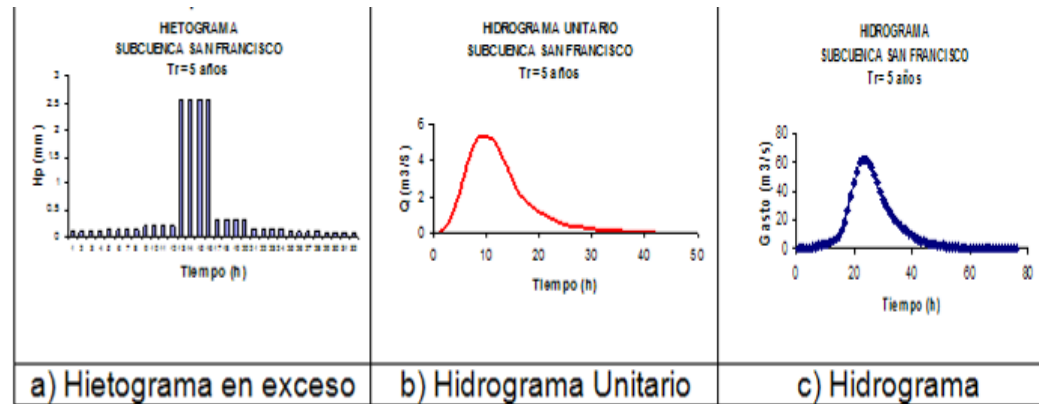


Figura 13.7.4. Hidrograma para la cuenca del San Francisco. Fuente (López, 2006)

**13.8. Temperaturas promedio mensuales y anuales de las estaciones climatológicas utilizadas para el diagnóstico de temperatura**

Estación	Temperatura	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
El Boquerón	Máxima	30.2	31.5	33.8	35.3	35.4	32.7	31.9	32.0	30.7	30.1	30.1	29.9	32.0
	Mínima	15.0	15.5	17.4	19.8	20.9	20.4	19.9	20.0	20.0	19.3	17.2	15.5	18.4
	Promedio	17.6	18.1	19.8	22.2	23.2	22.4	22.0	21.9	21.8	21.2	19.4	18.0	20.6
El Progreso	Máxima	27.4	28.5	30.3	31.7	32.1	31.3	30.6	30.9	30.6	29.7	28.4	27.8	29.9
	Mínima	17.4	17.5	18.5	19.4	20.0	20.0	19.8	20.0	20.0	19.7	18.8	17.9	19.1
	Promedio	20.2	20.5	21.7	22.5	23.1	23.0	22.6	22.7	22.8	22.4	21.4	20.5	22.0
Berriozábal	Máxima	25.9	26.9	28.6	29.8	29.8	28.6	27.8	28.0	27.2	26.7	26.4	25.3	27.6
	Mínima	15.4	15.7	16.6	18.1	18.7	18.3	18.4	18.6	18.5	17.5	16.3	15.0	17.3
	Promedio	18.9	19.6	20.7	22.1	22.7	22.3	22.0	22.3	21.8	20.8	20.2	18.8	21.0
El Sabinal	Máxima	22.4	22.9	25.3	26.1	25.8	25.4	24.1	24.0	23.7	22.8	22.5	20.2	23.8
	Mínima	10.8	10.6	11.9	13.9	14.9	15.4	15.1	14.9	15.2	14.3	12.4	10.3	13.3
	Promedio	14.0	14.1	15.3	17.2	17.8	18.1	17.5	17.4	17.3	16.7	15.7	13.3	16.2
La Selva	Máxima	25.3	25.8	29.5	30.9	31.7	30.9	29.7	29.5	28.8	28.0	27.7	25.5	28.6
	Mínima	15.4	15.6	17.1	19.1	20.1	19.9	19.0	19.1	18.9	18.2	17.4	16.0	18.0
	Promedio	18.8	19.3	21.7	23.3	24.2	24.0	23.3	23.3	23.0	21.9	21.3	19.7	22.0
Las Limas	Máxima	27.7	28.6	30.7	31.2	31.6	29.8	29.6	29.5	28.9	28.4	28.2	27.8	29.3
	Mínima	15.9	15.8	17.1	18.0	19.2	19.4	19.1	19.1	19.2	18.8	17.3	16.2	17.9
	Promedio	18.7	18.6	20.0	21.2	22.3	22.1	21.6	21.4	21.2	20.9	20.0	18.8	20.6
Puente Colgante	Máxima	32.0	33.4	35.6	37.0	36.8	33.9	33.0	33.2	32.5	32.2	32.3	31.7	33.6
	Mínima	15.6	16.7	19.3	21.6	22.7	22.1	21.3	21.2	21.3	20.3	18.3	16.4	19.7
	Promedio	18.1	19.3	22.0	24.3	25.4	24.5	23.7	23.5	23.2	22.5	20.8	18.8	22.2
San Fernando	Máxima	26.5	28.1	30.5	32.3	32.2	30.4	29.2	29.2	28.8	27.6	26.5	26.1	29.0
	Mínima	13.4	13.5	14.4	16.2	17.6	17.7	17.7	17.8	17.7	16.8	15.1	14.1	16.0

	Promedio	17.3	17.9	19.6	21.9	22.7	22.2	22.0	21.6	21.5	20.8	19.1	17.9	20.4
Tuxtla DGE	Máxima	30.1	31.6	34.5	35.9	35.8	32.9	32.0	32.2	31.3	30.7	30.5	29.9	32.3
	Mínima	14.8	15.7	17.7	20.0	21.4	21.2	20.4	20.4	20.5	19.6	17.5	15.6	18.7
	Promedio	18.0	18.9	21.5	24.1	25.3	24.3	23.8	23.6	23.2	22.3	21.0	19.0	22.1
Vivero CFE	Máxima	29.8	30.6	33.8	34.6	35.1	31.8	31.4	31.5	30.6	30.3	30.3	29.5	31.6
	Mínima	15.2	16.0	18.2	20.5	21.8	21.5	20.8	20.8	21.0	20.0	18.0	15.9	19.1
	Promedio	18.1	18.8	21.7	24.2	25.5	24.6	24.0	23.6	23.3	22.8	20.9	18.9	22.2
ZooMAT	Máxima	27.3	29.7	33.2	35.1	33.4	29.7	29.0	29.4	28.2	27.8	26.8	25.9	29.6
	Mínima	15.4	15.7	17.9	19.1	20.5	20.1	19.9	20.1	19.9	19.5	17.1	15.8	18.4
	Promedio	16.5	17.1	19.4	20.2	21.4	21.5	20.7	20.8	20.7	21.2	18.1	16.8	19.5
Promedio	Máxima	27.7	28.9	31.4	32.7	32.7	30.7	29.8	29.9	29.2	28.6	28.2	27.2	29.755
	Mínima	14.9	15.3	16.9	18.7	19.8	19.6	19.2	19.3	19.3	18.5	16.9	15.3	17.817

### 13.9. Vulnerabilidad social (Análisis de las encuestas)

En la medida que la población se encuentre informada sobre los riesgos a la que puede estar expuesta por los fenómenos perturbadores, ésta podrá tomar las precauciones necesarias para aminorar las pérdidas tanto materiales como humanas que se pueden producir a partir de estos sucesos.

Entre menor información posea la población en relación a la presencia de algún proceso perturbador, mayor será su vulnerabilidad; por lo tanto el daño producido por algún fenómeno ya sea de origen natural o antropogénico, se relaciona directamente con el hecho que las personas se encuentren o no informadas sobre los posibles riesgos a la que están expuestas.

Por ello, es de suma importancia crear o fortalecer la cultura de prevención y el conocimiento, lo que permitirá a la población reconocer las amenazas a las que está expuesta. Por el contrario, la población que ignora o desafía los procesos del medio ambiente en el cual vive es más vulnerable, que aquella que está consciente de ellos.

En este sentido, se realizó una investigación para tratar de identificar el modo que tiene la población de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez de afrontar los peligros y la forma en que percibe los riesgos según el espacio donde habita. Cabe señalar que la percepción de riesgo puede variar debido a ciertos factores como son: tipo de peligro, contexto social, características individuales de las personas como la edad, nivel de educación, etc.

## Metodología

Para el estudio se utilizaron dos instrumentos:

- a) Escala de Estrategias de Afrontamiento, la cual consta de 26 reactivos, cuyas respuestas se estructuraron para su valoración conforme a la escala Likert con valores de 1 a 5, divididas en dos áreas de comportamiento: por una parte las que responden a Estrategias de Afrontamiento Activo, y por la otra, las que se consideran dentro de las Estrategias de Afrontamiento Pasivo.
- b) Cuestionario de Percepción de Riesgo, el cual consiste en 19 reactivos y dividido en dos factores: sentimiento de inseguridad y sentimiento de control. A este instrumento se le agregaron cinco preguntas abiertas para tratar de conocer algunas sugerencias para mejorar la seguridad de su entorno, el conocimiento del número de emergencia en la entidad, la utilidad que puede tener el atlas en las labores de prevención y la identificación de posibles riesgos o daños de la zona donde viven.

Para la aplicación de la encuesta, se identificaron las zonas donde convergen los peligros, las cuales se concentran básicamente en la zona norte, sur y el centro de la ciudad en los márgenes del río Sabinal.

En total se aplicaron mil 300 encuestas, distribuyéndose de la siguiente manera: 240 para la zona norte, 520 para la zona sur y 540 para la zona centro.

Para el análisis de los datos se asignó un valor de puntuación a cada respuesta, convirtiendo la escala original de 1 a 5 a una escala de 0 a 100 con el objeto de hacer más sencilla su

interpretación. Los valores asignados a cada respuesta se muestran en el siguiente cuadro:

### Escala de afrontamiento

Respuestas	Valor
Nunca	0
Pocas veces	25
Algunas veces	50
La mayoría de las veces	75
Siempre	100

### Percepción de riesgo

Respuestas	Valor
Muy en desacuerdo	0
Casi en desacuerdo	25
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	50
Casi de acuerdo	75
Muy de acuerdo	100

Una vez asignado los valores, se promedió la puntuación general de cada una de las respuestas a fin de conocer la tendencia o identificación de la población con cada uno de los ítems planteados, tanto para la escala de afrontamiento como para la percepción de riesgos.

## Resultados

### Resultados Generales Estilo de Afrontamiento

En términos generales de acuerdo a los resultados, se puede observar que la población reflejó comportamientos y acciones que denotan una actitud más activa, con un promedio 52.3 puntos en la escala de 0 a 100 para el bloque de preguntas

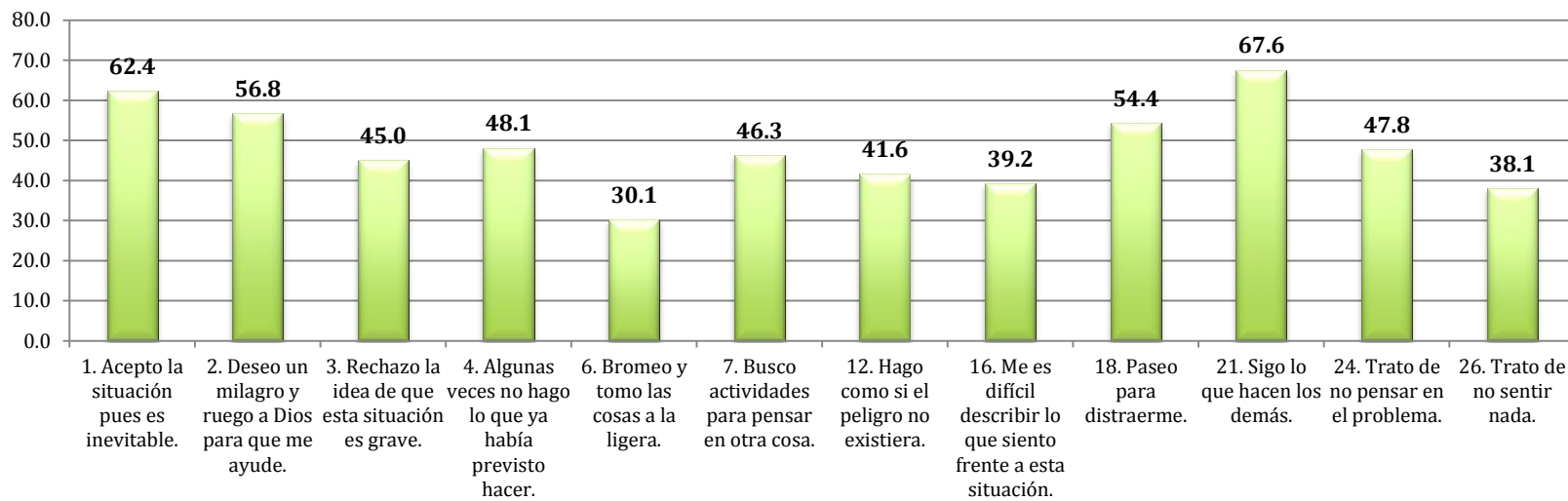


relacionadas con este factor. Por el contrario, en el bloque de asertivos para medir la actitud pasiva se obtuvo una puntuación de 48.1 en promedio.

Aunque de manera genérica se observa que la población tiende a adoptar o al menos siente una mayor afinidad por las acciones o actitudes de tipo activo, en algunos aspectos en

particular se puede apreciar que existe un afinidad por algunos comportamientos de tipo pasivo, donde resaltan la aceptación de alguna situación como un hecho inevitable, el deseo que suceda un milagro o simplemente limitarse a seguir lo que hacen los demás, los cuales rebasan los cincuenta puntos.

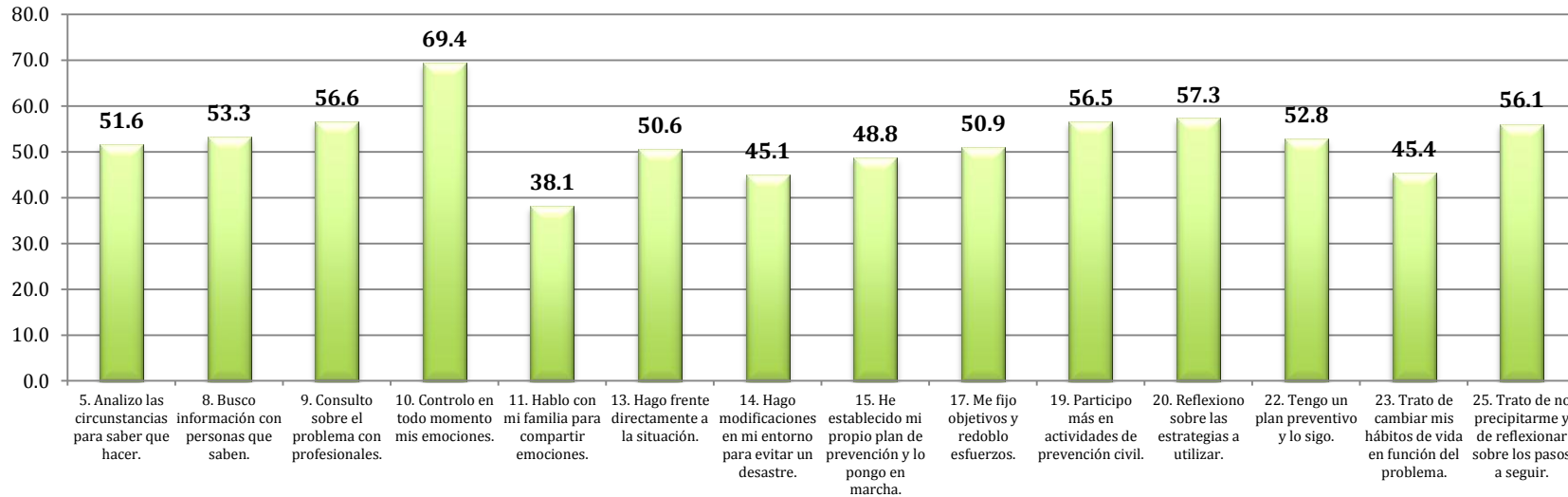
**Resultados Generales Escala de Afrontamiento Pasivo**



Ahora bien, en relación a las conductas de afrontamiento de tipo activo, resaltan las relacionadas con el hecho de controlar las emociones en todo momento, reflexionar sobre las estrategias a utilizar, consultar el tema con profesionales sobre el tema, participar en actividades de prevención, como el tratar de no precipitarse y reflexionar sobre los pasos a seguir ante una situación de emergencia. Resalta el hecho que pesar de ser conscientes de la importancia de su participación activa para disminuir su vulnerabilidad, es baja la

percepción de la población encuestada que piensa que haciendo modificaciones a su entorno puede evitar un desastre. Asimismo, destaca la poca comunicación en el hogar del tema y que aunado a la resistencia del cambio de hábitos de vida para estar mejor preparados, hace poco probable la existencia o la preparación conjunta de plan familiar para hacerle frente a un riesgo.

**Escala afrontamiento activo**



### Resultados por Zona de Estilo de Afrontamiento

Ahora bien, este conjunto de comportamientos tiene variaciones dependiendo de la zona de estudio. En el análisis por separado de cada de las tres zonas donde se aplicaron las encuestas se reflejan los siguientes hallazgos:

La población de la Zona Norte muestra una inclinación hacia actitudes de tipo pasivo, registrando una puntuación promedio de 53.3 en la escala de 0 a 100. Le sigue la población ubicada en la Zona Sur con una puntuación de 49.2. Llama la atención que aun cuando la población de la Zona Centro muestra una menor afinidad hacia las actitudes de tipo pasivo que el resto

de la población, resaltan dos comportamientos de tipo pasivo, como son la aceptación de la situación como algo inevitable y el desear un milagro o la intervención divina en el afrontamiento de los peligros.

Si bien la población que habita en del centro de la ciudad muestra una menor afinidad por actitudes o acciones pasivas, tampoco muestra una tendencia favorable en comparación de la población que habita en la Zona Norte y Sur hacia las actitudes de afrontamiento activo.

#### Resultados Por Zona Comportamientos de Afrontamiento Pasivo

Variable	Zonas		
	Centro	Norte	Sur
1. Acepto la situación pues es inevitable.	67.5	56.4	60.0
2. Deseo un milagro y ruego a Dios para que me ayude.	59.6	51.0	56.4
3. Rechazo la idea de que esta situación es grave.	42.2	54.6	43.6
4. Algunas veces no hago lo que ya había previsto hacer.	46.9	53.4	47.0
6. Bromeo y tomo las cosas a la ligera.	24.7	38.4	32.0
7. Busco actividades para pensar en otra cosa.	40.2	54.6	48.9
12. Hago como si el peligro no existiera.	36.2	50.6	43.0
16. Me es difícil describir lo que siento frente a esta situación.	32.3	50.2	41.2
18. Paseo para distraerme.	49.2	61.6	56.5
21. Sigo lo que hacen los demás.	66.5	71.5	66.9
24. Trato de no pensar en el problema.	40.8	50.7	53.7
26. Trato de no sentir nada.	31.3	46.7	41.2
<b>Promedio General</b>	<b>44.8</b>	<b>53.3</b>	<b>49.2</b>

**Resultados Por Zona Comportamientos de Afrontamiento Activo**

Variable	Zonas		
	Centro	Norte	Sur
8. Busco información con personas que saben.	51.5	54.6	54.4
9. Consulto sobre el problema con profesionales.	50.8	59.5	61.2
10. Controlo en todo momento mis emociones.	66.2	73.1	71.0
11. Hablo con mi familia para compartir emociones.	31.5	44.4	42.0
13. Hago frente directamente a la situación.	51.4	43.0	53.3
14. Hago modificaciones en mi entorno para evitar un desastre.	37.8	50.2	50.2
15. He establecido mi propio plan de prevención y lo pongo en marcha.	46.0	50.0	51.1
17. Me fijo objetivos y redoblo esfuerzos.	47.6	50.0	54.9
19. Participo más en actividades de prevención civil.	49.2	60.4	62.3
20. Reflexiono sobre las estrategias a utilizar.	52.6	63.4	59.3
22. Tengo un plan preventivo y lo sigo.	46.1	60.1	56.5
23. Trato de cambiar mis hábitos de vida en función del problema.	39.2	52.8	48.3
25. Trato de no precipitarme y de reflexionar sobre los pasos a seguir.	53.6	53.9	59.7
<b>Promedio General</b>	<b>48.0</b>	<b>55.1</b>	<b>55.7</b>

**Resultados Generales Percepción de Riesgo**

En relación a la percepción de riesgos, hay una tendencia favorable al sentimiento de seguridad, obteniendo en este ejercicio una puntuación promedio 56.5 para los aspectos que denotan sentimiento de control contra los 47.7 puntos obtenidos en los aspectos que denotan sentimientos de inseguridad.

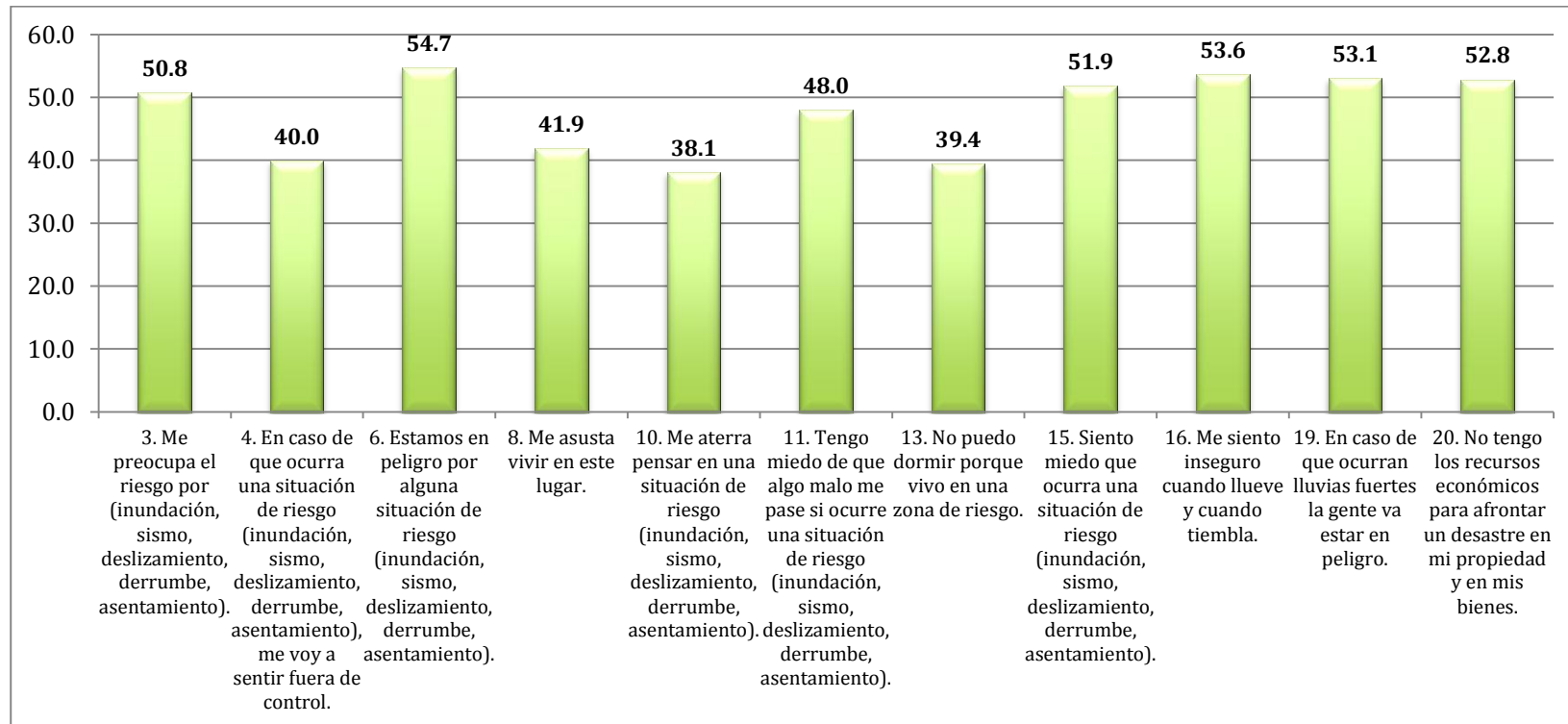
La población reflejó con sus respuestas que se sentirá fuera de control, al encontrarse en peligro por alguna situación de riesgo por inundación, sismo, deslizamiento, derrumbe, o asentamiento. Además, también se observa que los ítems

donde muestran una mayor percepción de inseguridad es en los temas relacionados principalmente con las lluvias o temblores, ya que son fenómenos más palpables o visibles por la población y que se han presentado un tanto más recurrentes que otro tipo de fenómenos perturbadores, que aunque están latentes, éstos son percibidos o han tenido un menor impacto. Asimismo, destaca la percepción de inseguridad por no disponer los recursos económicos para hacer frente a un desastre en la propiedad o en los bienes.

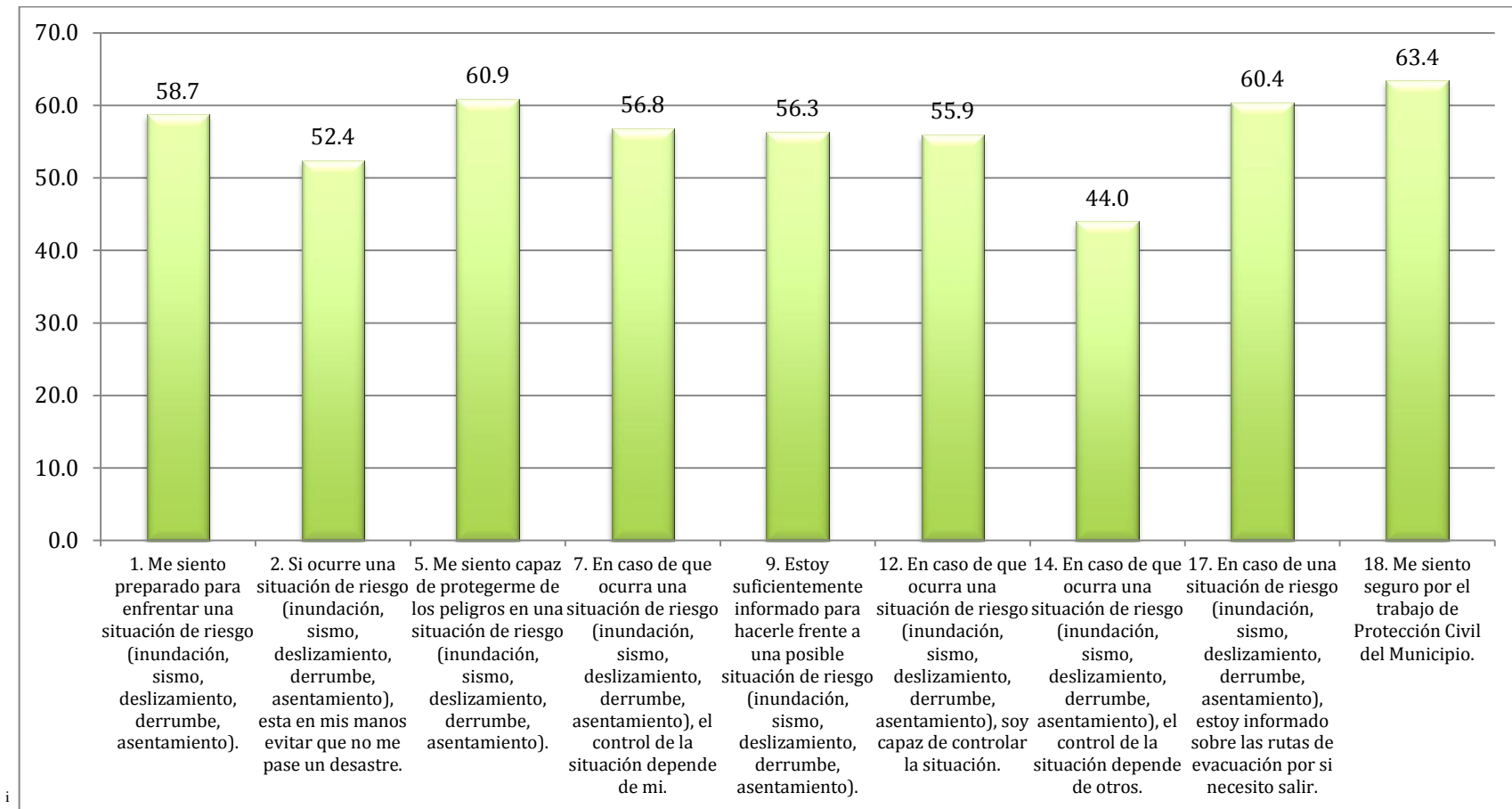
### Resultados Generales Sentimiento de inseguridad

En relación a los sentimientos de control, las respuestas más favorables están relacionadas con la confianza a los trabajos que realiza las autoridades municipales encargadas de la

protección civil, donde las respuestas alcanzaron 63.4 puntos en promedio. Le sigue el sentimiento de capacidad para protegerse de los peligros ante una situación de riesgo y con la información que consideran sobre las rutas de evacuación en caso que se presente alguna situación de riesgo.



Resultados Generales Sentimiento de control



### 13.10. Metodología de cálculo del índice de vulnerabilidad por colonia

Siendo la vulnerabilidad la predisposición a ser afectado por un agente perturbador de origen natural o social (CENAPRED, 2001), el grado de vulnerabilidad tiene como objetivo identificar en este caso, la propensión que tienen las colonias de Tuxtla Gutiérrez a ser afectadas por fenómenos naturales o sociales. Su cuantificación se realiza mediante el índice de vulnerabilidad general, que es un indicador compuesto de tres dimensiones o tipos de vulnerabilidad: física, demográfica y socioeconómica.

Para estimar los tipos de vulnerabilidad se integran una serie de indicadores referidos a la estructura, densidad y condición socioeconómica de la población y las características físicas de las viviendas de cada colonia del municipio en mención. Los indicadores que integran cada tipo de vulnerabilidad son los siguientes:

Tipo de vulnerabilidad		Indicador
<b>Vulnerabilidad Física</b>	1	% Viviendas con un solo dormitorio.
	2	% Viviendas sin ningún bien (radio, televisión, refrigerador, lavadora, automóvil, computadora, teléfono fijo, celular ni internet).
	3	% Viviendas con pisos de tierra
<b>Vulnerabilidad Demográfica</b>	1	Densidad de población
	2	% Población menor de 12 años
	3	% Población mayor de 60 años
<b>Vulnerabilidad Socioeconómica</b>	1	% Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela
	2	% Población de 15 y más sin secundaria terminada
	3	% Población sin derechohabiencia
	4	% Viviendas sin refrigerador
	5	% Viviendas sin agua entubada
	6	% Viviendas sin drenaje

#### Vulnerabilidad Física

La estimación de la vulnerabilidad física, se asocia con indicadores de materiales de construcción precarios en las viviendas debido a que en casos de desastres naturales son estas las que son mayormente afectadas. Ante la falta de información reciente de la cantidad de viviendas construidas con materiales precarios en techos y paredes, se utilizó como variables representativas a las viviendas con piso de tierra, con solo un cuarto dormitorio y sin bienes domésticos. Lo anterior, considerando que por los bajos

niveles de ingresos de sus habitantes, hay una estrecha relación entre las viviendas sin piso firme, de menor tamaño y sin equipamiento, con aquellas con están construidas con materiales de desecho, lámina de cartón, asbesto y metálica, carrizo, bambú, palma, barro, bajareque, madera y adobe en paredes; y material de desecho, lámina de cartón, asbesto y metálica, palma, tejamanil, madera y teja en techos.

A continuación se describen las fichas metodológicas de la estimación de los indicadores de este tipo de vulnerabilidad.

**Porcentaje de viviendas con un solo dormitorio**

Indicador / pregunta	¿Qué porcentaje de viviendas tiene solo un dormitorio?	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
Rangos	De 0 a 13.804	Muy Baja	0.00
	De 13.805 a 30.092	Baja	0.25
	De 30.093 a 38.236	Media	0.50
	De 38.237 a 54.524	Alta	0.75
	De 54.525 o más	Muy Alta	1.00
Procedimiento	Este indicador se obtiene el total de viviendas con un solo dormitorio entre el total de viviendas y multiplicando el resultado por cien.		
Fórmula	$\%VPH_{1DOR} = \frac{VPH_{1DOR}}{VPART_{HAB}}$ <p>Donde:                      % VPH_1DOR = Es el porcentaje de viviendas con un solo dormitorio.                      VPH_1DOR = Total de viviendas particulares habitadas con un solo dormitorio.                      VPART_HAB = Es el total viviendas particulares habitadas.</p>		



**Porcentaje de viviendas sin ningún bien**

Indicador / pregunta	¿Qué proporción de las viviendas no cuenta con ningún bien?	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
Rangos	De 0 a 0.509	Muy Baja	0.00
	De 0.51 a 0.888	Baja	0.25
	De 0.889 a 1.646	Media	0.50
	De 1.647 a 2.783	Alta	0.75
	De 2.784 o más	Muy Alta	1.00
Procedimiento	Este indicador se obtiene dividiendo los registros de viviendas sin ningún bien (radio, televisión, refrigerador, lavadora, automóvil, computadora, teléfono fijo, celular ni internet). El resultado se multiplica por cien.		
Fórmula	$\%VPH\_SNBIEN = \frac{VPH\_SNBIEN}{VPART\_HAB}$ <p>Donde:            % VPH_SNBIEN = Es el porcentaje de viviendas sin ningún bien            VPH_SNBIEN = Es el número de viviendas sin ningún bien            VPART_HAB = Es el total viviendas particulares habitadas</p>		

**Porcentaje de viviendas con piso de tierra**

Indicador / pregunta	¿Qué proporción de las viviendas tiene piso de tierra?	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
Rangos	De 0 a 4.732	Muy Baja	0.00
	De 4.733 a 9.384	Baja	0.25
	De 9.385 a 14.036	Media	0.50
	De 14.037 a 27.992	Alta	0.75
	De 27.993 o más	Muy Alta	1.00
Procedimiento	Este indicador se obtiene dividiendo los registros de viviendas que tienen piso de tierra, entre el total viviendas particulares habitadas, multiplicándose por cien.		
Fórmula	$\%VPH\_PISOTI = \frac{VPH\_PISOTI}{VPART\_HAB}$ <p>Donde:            % VPH_PISOTI = Es el porcentaje de viviendas particulares habitadas que tienen piso de tierra.            VPH_PISOTI = Es el número de viviendas particulares habitadas que tienen piso de tierra.            VPART_HAB = Es el total viviendas particulares habitadas.</p>		

**Vulnerabilidad Demográfica**

Este tipo de vulnerabilidad considera dos variables: una de ellas, la densidad de población, se retoma en el entendido que cuando los habitantes de un área geográfica se concentran en un área limitada, una amenaza natural puede tener un impacto mayor, pero también presenta la ventaja que los servicios o atención que se requieran se pueden llevar a mayor cantidad de personas.

La otra variable se refiere al peso que en la población total registran los habitantes que por su edad pudiera considerarse dependientes tanto en su manutención como en cuidados (menores de edad y adultos mayores), lo cual incidiría en la movilidad y capacidad de organización de la población en general.

La estimación de los indicadores que integran este tipo de vulnerabilidad se describe mediante las siguientes fichas metodológicas:

**Densidad de Población**

Indicador / pregunta	¿Cuál es el grado de concentración de la población en el territorio?	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
Rangos	De 0 a 20.1	Muy Baja	0.00
	De 20.101 a 58.3	Baja	0.25
	De 58.301 a 96.5	Media	0.50
	De 96.501 a 115.6	Alta	0.75
	De 115.601 o más	Muy Alta	1.00
Procedimiento	Se obtiene de dividir el total de la población de un territorio determinado entre la superficie del mismo. El resultado indica el número de habitantes por hectárea.		
Fórmula	$DP = \frac{POB\_T}{ST}$ <p>Donde:            DP= Densidad de población            POB_T=Población Total            ST= Superficie territorial (Hectáreas)</p> <p>NOTA: Usualmente la densidad de población se representa en kilómetros cuadrados para unidades geográficas más grandes, en este caso se utiliza como unidad de medida a las hectáreas para mejor representación de los datos que son unidades geográficas más pequeñas.</p>		

**Porcentaje de población menor de 12 años**

Indicador / pregunta	De la población total, ¿que proporción corresponde a menores edad (12 años)	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
Rangos	De 0 a 14.622	Muy Baja	0.00
	De 14.623 a 17.648	Baja	0.25
	De 17.649 a 23.7	Media	0.50
	De 23.701 a 26.726	Alta	0.75
	De 26.727 o más	Muy Alta	1.00
Procedimiento	Se identifica a la población que tiene 11 años y menos, y se dividen entre el total de la población. El resultado se multiplica por cien.		
Fórmula	$\%P < 12 = \frac{P < 12}{POB\_T} \times 100$ <p>Donde:            %P&lt;12 = Porcentaje de la población menor de 12 años            P&lt;12 = Población menor de 12 años            POB_T = Población Total</p>		

**Porcentaje de población mayor de 60 años**

Indicador / pregunta	De la población total, ¿que proporción corresponde a adultos mayores (60 años)	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
Rangos	De 0 a 4.179	Muy Baja	0.00
	De 4.18 a 7.118	Baja	0.25
	De 7.119 a 10.057	Media	0.50
	De 10.058 a 12.996	Alta	0.75
	De 12.997 o más	Muy Alta	1.00
Procedimiento	Resultado de la división de la población que tiene 60 años y más, y se divide entre el total de la población. El resultado se multiplica por cien.		
Fórmula	$\%P > 60 = \frac{P > 60}{POB\_T} \times 100$ <p>Donde:            %P&gt;60 = Porcentaje de la población mayor o igual de 60 años            P&gt;60 = Población mayor o igual de 60 años            POB_T = Población Total</p>		

**Vulnerabilidad Socioeconómica**

El concepto de vulnerabilidad social se ha relacionado estrechamente con estudios de pobreza y marginación (CENAPRED, 2006), debido a que gran parte de las condiciones de vulnerabilidad de una población depende directamente del nivel de desarrollo que tenga esta, y a su vez, el desarrollo de la misma está en función del acceso de bienes y servicios públicos, oportunidades educativas y de salud.

Las variables consideradas del índice de vulnerabilidad socioeconómica corresponden en su mayoría a las que integran el índice de marginación urbana atendiendo al carácter predominantemente urbano de Tuxtla Gutiérrez como municipio, y a que la estimación de la marginación integra carencias de la población y sus viviendas en las dimensiones de educación, salud, y calidad, servicios y equipamiento en las viviendas, asociadas a un espacio geográfico; cumpliendo a la vez la contemplación de esos mismos elementos sugeridos en la “Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Los indicadores considerados son los siguientes:

**Población de 6 a 14 años de edad que no asiste a la escuela**

Indicador / pregunta	¿Cuál es el porcentaje de la población que no está cursando la educación básica acorde a su edad?	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
Rangos	De 0.08 a 2.764	Muy Baja	0.00
	De 2.765 a 5.448	Baja	0.25
	De 5.449 a 8.132	Media	0.50
	De 8.133 a 10.816	Alta	0.75
	De 10.817 o más	Muy Alta	1.00
Procedimiento	Se obtiene dividiendo a la población de 6 a 14 años de edad que no está asistiendo a la escuela, entre el total de la población de ese mismo grupo de edad. El resultado se multiplica por cien.		
Fórmula	$\%P6A14\_NOA = \frac{P6A14\_NOA}{P6A14} \times 100$ <p>Donde:                      % P6A14_NOA = Porcentaje de la población de 6 a 14 años de edad que no asiste a la escuela                      P6A14_NOA = Población de 6 a 14 años de edad que no asiste a la escuela                      P6A14= Población de 6 a 14 años de edad</p>		

**Población de 15 y más sin secundaria terminada**

Indicador / pregunta	¿Cuál es el porcentaje de la población no tiene secundaria terminada	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
Rangos	De 0 a 2.162	Muy Baja	0.00
	De 2.163 a 3.774	Baja	0.25
	De 3.775 a 5.386	Media	0.50
	De 5.387 a 6.998	Alta	0.75
	De 6.999 o más	Muy Alta	1.00
Procedimiento	Se obtiene dividiendo a la población de 15 años y mas de edad que no concluyó su educación básica, entre el total de la población de ese mismo grupo de edad. El resultado se multiplica por cien.		
Fórmula	$\%P15SSEC = \frac{P15SSEC}{P_{15YMAS}} \times 100$ <p>Donde:            % P15SSEC = Porcentaje de la población de 15 años y más de edad, que no asiste a la escuela            P15SSEC = Población de 15 años de edad que no asiste a la escuela            P_15YMAS= Población de 15 y más años de edad</p>		

**Porcentaje de la población no derechohabiente a servicios de salud**

Indicador / pregunta	¿Qué porcentaje de la población no tiene derechohabencia a servicios de salud?	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
Rangos	De 0 a 27.006	Muy Baja	0.00
	De 27.007 a 39.302	Baja	0.25
	De 39.303 a 45.45	Media	0.50
	De 45.451 a 51.598	Alta	0.75
	De 51.599 o más	Muy Alta	1.00
Procedimiento	El porcentaje de la población no derechohabiente, se obtiene dividiendo las personas que declararon no disponer derechohabencia a servicios de salud en relación al total de la población.		
Fórmula	$\%PSINDER = \frac{PSINDER}{POBTOT} \times 100$ <p>Donde:            PSINDER = Población que no cuenta con derechohabencia servicios de salud            POBTOT = Población total.</p>		



**Porcentaje de viviendas sin refrigerador**

Indicador / pregunta	¿Qué proporción de las viviendas no tiene refrigerador?	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
Rangos	De 0 a 4.099	Muy Baja	0.00
	De 4.1 a 8.018	Baja	0.25
	De 8.019 a 11.937	Media	0.50
	De 11.938 a 19.775	Alta	0.75
	De 19.776 o más	Muy Alta	1.00
Procedimiento	Este indicador se obtiene dividiendo los registros de viviendas que no tienen refrigerador, entre el total viviendas particulares habitadas, multiplicándose por cien.		
Fórmula	$\%VPH\_SREF = \frac{VPH\_SREF}{VPART\_HAB}$ <p>Donde:            % VPH_SREF = Es el porcentaje de viviendas particulares habitadas que no tienen refrigerador.            VPH_SREF = Es el número de viviendas particulares habitadas que no tienen refrigerador.            VPART_HAB = Es el total de viviendas particulares habitadas.</p>		

**Porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada**

Indicador / pregunta	¿Qué proporción de la población no cuenta con servicio de agua entubada?	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
Rangos	De 0 a 10.279	Muy Baja	0.00
	De 10.28 a 20.249	Baja	0.25
	De 20.25 a 40.186	Media	0.50
	De 40.187 a 80.062	Alta	0.75
	De 80.063 o más	Muy Alta	1.00
Procedimiento	Este indicador se obtiene dividiendo los registros de viviendas que no tienen agua entubada en el ámbito de la vivienda, entre el total viviendas particulares habitadas. El resultado se multiplica por cien.		
Fórmula	$\%VPH\_AGUAFV = \frac{VPH\_AGUAFV}{VPART - HAB}$ <p>Donde:            % VPH_AGUAFV = Es el porcentaje de viviendas particulares habitadas que no tienen agua entubada el ámbito de la vivienda.            VPH_AGUAFV = Es el número de viviendas particulares habitadas que no tienen agua entubada en el ámbito de la vivienda.            VPART – HAB = Es el total viviendas particulares habitadas.</p>		

**Porcentaje de viviendas sin drenaje**

Indicador / pregunta	¿Qué proporción de la población no tiene drenaje?	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
Rangos	De 0 a 1.441	Muy Baja	0.00
	De 1.442 a 2.762	Baja	0.25
	De 2.763 a 4.083	Media	0.50
	De 4.084 a 8.046	Alta	0.75
	De 8.047 o más	Muy Alta	1.00
Procedimiento	Este indicador se obtiene dividiendo los registros de viviendas que no tienen drenaje ni fosa séptica, entre el total viviendas particulares habitadas. El resultado se multiplica por cien.		
Fórmula	$\%VPH\_NDRE = \frac{VPH\_NDRE}{VPART - HAB}$ <p>Donde:            %VPH_NDRE = Es el porcentaje de viviendas particulares habitadas que no tienen drenaje ni fosa séptica.            VPH_NDRE = Es el número de viviendas particulares habitadas que no tienen drenaje            VPART - HAB = Es el total viviendas particulares habitadas.</p>		