



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MÉXICO  
FACULTAD DE GEOGRAFÍA



*TESIS*

*“Propuesta de Diseño de un Sistema de  
Alerta Temprana por Inundación en la  
Subcuenca del Río Tejalpa (SLATI-ScRT)”*

*QUÉ PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
LICENCIATURA EN GEOINFORMÁTICA*

*PRESENTAN:*

*Mora Estrada Diana Paola*

*Rosas Sánchez Juan Carlos*

*Asesor de Tesis:*

*Dr. José Emilio Baró Suarez*

*Revisores de Tesis:*

*ECATSIG Juan Carlos Garatachia Ramírez*

*Dr. en C.T. Alexis Ordaz Hernández*

*OCTUBRE 2016*

**AGRADECIMIENTOS**

**Y**

**DEDICATORIAS**

## *Diana Paola*

*Un trabajo de investigación fruto del reconocimiento y del apoyo vital que nos ofrecen las personas que nos estiman, sin el cual no tendríamos la fuerza y energía que nos anima a crecer como personas y como profesionistas.*

*Gracias a mi familia, a mis padres y a mi hermana, porque con ellos compartí una vida feliz, que guardo en el recuerdo y es un aliento para seguir trazando líneas de vida.*

*De igual manera una investigación es siempre producto de ideas, proyectos y esfuerzos previos que se deben a otras personas. En este caso mi más franco agradecimiento al Dr. Emilio Baró, con cuyo trabajo estaré siempre en deuda. Gracias por su amabilidad, su tiempo, ideas y disponibilidad para alcanzar los objetivos perseguidos en esta investigación.*

*También extender el agradecimiento a los profesores Juan Carlos y Alexis por la revisión cuidadosa que ha realizado de este texto, sus valiosas sugerencias en momentos de duda, por su orientación y atención a mis consultas.*

*Agradecer a Juan Carlos Rosas Sánchez por demostrarme su apoyo incondicional, siempre encontrando las palabras adecuadas para seguir adelante con una sonrisa y con su amor ver la vida de otra manera. GRACIAS MI AMOR, TE AMO*

*Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.*

## *Juan Carlos*

*En primer lugar quiero agradecer a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo de felicidad.*

*Le doy gracias a mis padres José Manuel y María por apoyarme en todo momento y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida.*

*Agradezco a mis hermanos por el apoyo que me han ofrecido en este camino de formación, por sus consejos que me han ayudado a seguir adelante, por todos esos momentos que hemos compartido y que me han hecho feliz.*

*Agradezco al Dr. José Emilio Baró por guiarme en este trabajo de investigación, así mismo agradezco su valioso apoyo a Lic. Juan Carlos y Dr. Alexis por haberme apoyado en la revisión cuidadosa en este texto y sus valiosas sugerencias en momentos de duda.*

*Dedico esta tesis a Diana Paola que me ha enseñado a soñar y poner los pies sobre la tierra cuando es necesario: a ti que profeso profundo respeto y admiración. Es para mí en este gran momento de mi vida, expresarte mi más grande agradecimiento por todo ese amor que ha hecho de mí una persona capaz de triunfar en la vida. Por aquellas y más preciadas palabras de aliento. Sin tus consejos no lo hubiera logrado y sobre todo por el apoyo, siempre incondicional. Y he aquí el esfuerzo de todos convertido en realidad.*

***Hemos Triunfado!!***

# Índice de contenido

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>9</b>
<b>II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>11</b>
<b>III. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>13</b>
<b>IV. OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
<b>IV.I OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>14</b>
<b>IV.II OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO 1. MARCO DE REFERENCIA</b> .....	<b>15</b>
<b>1.1. ANTECEDENTES DE SISTEMA DE ALERTA</b> .....	<b>15</b>
1.1.1. <i>Sistemas Manuales de alerta local de crecidas repentinas, Dinalupihan y Hermosa, Filipinas, 2012.</i> .....	15
1.1.2. <i>Sistema de Alerta temprana por Inundaciones, El Salvador, 2009</i> .....	16
1.1.3. <i>Sistema Europeo de Alerta ante Inundaciones (European Flood Alert System, EFAS)</i> .....	17
1.1.4. <i>Inventario y Caracterización SAT Informe De Honduras</i> .....	18
<b>1.2. ANTECEDENTES NACIONALES DE INUNDACIONES Y SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA CONTRA INUNDACIONES EN MÉXICO</b> .....	<b>20</b>
1.2.1. <i>Plan estratégico de desarrollo para el Establecimiento de un Sistema de Alerta Temprana para la Prevención de Inundaciones en el valle de México</i> .....	22
1.2.2. <i>Sistema de Alerta Temprana Contra Eventos Meteorológicos Extremos (SATEME)</i> .....	23
<b>CAPÍTULO 2. MARCO JURÍDICO</b> .....	<b>25</b>
<b>2.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS</b> .....	<b>26</b>
<b>2.2 LEY GENERAL DE CAMBIO</b> .....	<b>26</b>
<b>2.3 LEY GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL</b> .....	<b>28</b>
<b>2.4 REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL, MAYO DE 2014</b> .....	<b>29</b>
<b>2.5 BANDO MUNICIPAL DE ZINACANTEPEC GACETA MUNICIPAL DEL H. AYUNTAMIENTO DE ZINACANTEPEC</b> .....	<b>32</b>
<b>2.6 LEY GENERAL DE ASENTAMIENTOS HUMANOS</b> .....	<b>33</b>
<b>2.7 LEY DE ASENTAMIENTOS HUMANOS DEL ESTADO DE MÉXICO</b> .....	<b>34</b>
<b>2.8 LEY DE AGUAS NACIONALES</b> .....	<b>34</b>
<b>2.9 LEY DEL AGUA PARA EL ESTADO DE MÉXICO Y MUNICIPIOS</b> .....	<b>37</b>
<b>2.10 REGLAMENTO DE LA LEY DEL AGUA PARA EL ESTADO DE MÉXICO Y MUNICIPIOS</b> .....	<b>38</b>
<b>CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL</b> .....	<b>41</b>
<b>3.1 SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA (SAT)</b> .....	<b>42</b>
<b>3.2 Tipos de Sistemas de Alerta Temprana</b> .....	<b>44</b>
3.2.1 <b>SATIS Centralizados</b> .....	44
3.2.2 <b>SATI Comunitario</b> .....	45
<b>3.3 RIESGO</b> .....	<b>46</b>
<b>3.4 DESASTRE</b> .....	<b>49</b>
<b>3.5 PELIGRO</b> .....	<b>50</b>
<b>3.6 PELIGROSIDAD</b> .....	<b>51</b>
<b>3.7 VULNERABILIDAD</b> .....	<b>51</b>

<b>3.8</b>	<b>FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS .....</b>	<b>53</b>
<b>3.9</b>	<b>INUNDACIONES .....</b>	<b>53</b>
<b>3.10</b>	<b>CLASIFICACIÓN DE LAS INUNDACIONES.....</b>	<b>55</b>
3.10.1	<i>De acuerdo con su origen.....</i>	55
3.10.1.1	Inundaciones pluviales.....	55
3.10.1.2	Inundaciones fluviales.....	56
3.10.1.3	Inundaciones costeras .....	57
3.10.1.4	Inundaciones por falla de infraestructura hidráulica.....	57
3.10.2	<i>Clasificación de las inundaciones por el tiempo de respuesta de la cuenca .....</i>	<i>58</i>
3.10.2.1	Inundaciones Lentas .....	58
3.10.2.2	Inundaciones súbitas .....	59
3.10.3	<i>Riesgo por inundaciones .....</i>	<i>60</i>
<b>3.11</b>	<b>CRECIDA .....</b>	<b>60</b>
<b>3.12</b>	<b>ZONA INUNDADA.....</b>	<b>61</b>
<b>3.13</b>	<b>LLANURA DE INUNDACIÓN.....</b>	<b>61</b>
<b>3.14</b>	<b>CUENCA.....</b>	<b>61</b>
3.14.1	<i>Subcuenca.....</i>	<i>63</i>
3.14.2	<i>Microcuenca.....</i>	<i>63</i>
<b>3.15</b>	<b>SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA .....</b>	<b>64</b>
3.15.1	<i>Formatos de Almacenamiento de Datos Espaciales.....</i>	<i>65</i>
<b>3.16</b>	<b>VISUALIZADOR .....</b>	<b>68</b>
<b>CAPÍTULO 4. CARACTERIZACIÓN DE LA SUBCUENCA RIO TEJALPA .....</b>		<b>69</b>
<b>4.1.</b>	<b>DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....</b>	<b>69</b>
<b>4.2</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL ESPACIO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA.....</b>	<b>71</b>
<b>4.3</b>	<b>TOPOGRAFÍA Y GEOMORFOLOGÍA DE LA SUBCUENCA .....</b>	<b>73</b>
<b>4.4</b>	<b>LITOLOGÍA.....</b>	<b>74</b>
<b>4.5</b>	<b>EDAFOLOGÍA.....</b>	<b>77</b>
<b>4.6</b>	<b>CLIMA .....</b>	<b>81</b>
<b>4.7</b>	<b>COMPORTAMIENTO ECONÓMICO.....</b>	<b>84</b>
4.7.1	<i>Identificación de las actividades económicas de la subcuenca. ....</i>	<i>84</i>
4.7.1.1	Sector Agropecuario: .....	84
4.7.1.2	Sector Manufacturero: .....	85
4.7.1.3	Sector Comercio y Servicios: .....	85
<b>4.8</b>	<b>USO ACTUAL DE SUELO .....</b>	<b>86</b>
<b>4.9</b>	<b>RÉGIMEN DE PROPIEDAD .....</b>	<b>87</b>
<b>4.10</b>	<b>VIVIENDA Y SU TIPOLOGÍA .....</b>	<b>87</b>
<b>4.11</b>	<b>FUNCIÓN DE LOS CENTROS DE POBLACIÓN DENTRO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA CUENCA.....</b>	<b>88</b>
<b>4.12</b>	<b>ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA URBANA MUNICIPAL Y REGIONAL ACTUAL .....</b>	<b>89</b>
<b>4.13</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURADORES: REDES DE INFRAESTRUCTURA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN ..</b>	<b>91</b>
<b>CAPITULO 5. METODOLOGÍA .....</b>		<b>92</b>
<b>5.1</b>	<b>ETAPA 1.....</b>	<b>94</b>
5.1.1	<i>Recopilación De La Información.....</i>	<i>94</i>
5.1.3	<i>Procesamiento De La Información.....</i>	<i>95</i>
5.1.3.1	Mapa De Vulnerabilidad .....	96

5.1.3.2	Mapa Peligro .....	106
5.1.3.3	Mapa De Exposición.....	108
<b>5.2</b>	<b>ETAPA 2</b> .....	<b>111</b>
5.2.1	<i>Desarrollo De La Aplicación Web</i> .....	<i>111</i>
5.2.1.1	Alcances de la Aplicación .....	111
5.2.1.2	Diseño de la base de datos .....	112
5.2.1.3	Requerimiento de software para el sistema.....	112
<b>CAPÍTULO 6.</b>	<b>PROPUESTA DE PLATAFORMA WEB PARA EL SIATI- SCRT</b> .....	<b>115</b>
<b>6.1</b>	<b>PÁGINA DE INGRESO</b> .....	<b>115</b>
<b>6.2</b>	<b>PAGINA PRINCIPAL</b> .....	<b>115</b>
<b>6.3</b>	<b>EL RIESGO ACTUAL DE INUNDACIÓN EN LA SUBCUENCA DEL RÍO TEJALPA</b> .....	<b>116</b>
6.3.1	<i>Alerta verde</i> .....	<i>117</i>
6.3.2	<i>Alerta Naranja</i> .....	<i>117</i>
6.3.3	<i>Alerta Roja</i> .....	<i>118</i>
<b>6.4</b>	<b>LECTURA DE LA RED HIDROLÓGICA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO TEJALPA</b> .....	<b>118</b>
<b>6.5</b>	<b>CONSULTA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA ANTE EL RIESGO DE INUNDACIÓN</b> .....	<b>120</b>
<b>6.6</b>	<b>PLAN DE EMERGENCIAS CONTRA INUNDACIÓN</b> .....	<b>120</b>
<b>6.7</b>	<b>PROPUESTA DEL DISEÑO DE SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA</b> .....	<b>121</b>
6.7.1	<i>Ubicación de Pluviómetros en la subcuenca del Río Tejalpa</i> .....	<i>121</i>
6.7.2	<i>Ubicación de Limnímetros en la subcuenca del Río Tejalpa</i> .....	<i>122</i>
6.7.3	<i>Ubicación de Alarmas en la subcuenca del Río Tejalpa</i> .....	<i>123</i>
<b>CAPÍTULO 7.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>125</b>
<b>7.1</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>125</b>
<b>7.2</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>128</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	.....	<b>130</b>

## Índice De Figuras

Figura. 1	Metodología para la elaboración de sistema de alerta temprana del Salvador.	17
Figura. 2	Metodología del Sistema Europeo de Alerta ante Inundaciones	18
Figura. 3	Mapa para el seguimiento de Huracanes y Tormentas Tropicales, Honduras	19
Figura. 4	Marco Jurídico	25
Figura. 5	Desbordamiento del río en Acapulco, Guerrero en 2013.	56
Figura. 6	Efecto del incremento del nivel medio del mar (Jiménez, 2003)	57
Figura. 7	Rompimiento de una presa por mala Operación	58
Figura. 8	Relación entre la disminución de la pendiente de los cauces y los problemas de inundaciones.	60
Figura. 9	Tipos de Cuencas	63
Figura. 10	Representación de Objetos Geográficos	65
Figura. 11	Formatos de Almacenamiento de Datos Espaciales	65
Figura. 12	Aplicaciones de un SIG	66
Figura. 13	Componentes de un SIG	67
Figura. 14	Localización de la Subcuenca del Río Tejalpa. Elaboración Propia	70
Figura. 15	Hidrología de la Subcuenca del Río Tejalpa. Elaboración Propia	72
Figura. 16	Litología de la Subcuenca del Río Tejalpa. Elaboración Propia	76
Figura. 17	Edafología de la Subcuenca del Río Tejalpa. Elaboración Propia	80
Figura. 18	Clima de la Subcuenca del Río Tejalpa.	83
Figura. 19	Diseño Metodológico	93
Figura. 20	Procesos de Transformación de la información.	96
Figura. 21	Metodología para la Elaboración del Mapa de Vulnerabilidad.	97
Figura. 22	Mapa de Vulnerabilidad.	105
Figura. 23	Mapa de Peligro.	107
Figura. 24	Mapa Grado de Exposición.	110
Figura. 25	Arquitectura del Sistema.	114
Figura. 26	Página de Ingreso al SIATI-ScRT	115
Figura. 27	Página Principal del SIATI-ScRT	116
Figura. 28	Riesgo de Inundación	116
Figura. 29	Alerta Verde	117
Figura. 30	Alerta Amarilla	117
Figura. 31	Alerta Roja	118
Figura. 32	Red Hidrológica de la Subcuenca del Río Tejalpa	119
Figura. 33	Consulta de Información Geográfica	120
Figura. 34	Plan de Emergencias	121
Figura. 35	Ubicación de los Pluviómetros.	122
Figura. 36	Ubicación de los Limnímetros.	123
Figura. 37	Ubicación de Alarmas.	124

## Índice De Tablas

<i>Tabla 1. Documentación descriptiva de capas .....</i>	<b>112</b>
--	------------

## ***I. Introducción***

Uno de los principios fundamentales en el estudio de los riesgos naturales es que el aumento de la población hace que la afectación que provoca sea mayor, ya que existe mayor población expuesta, los fenómenos hidrometeorológicos son uno de los riesgos que provoca grandes pérdidas humanas, por lo que hay que trabajar arduamente para enfrentar estos eventos para que los daños que provoque sean los menos posibles.

El agua cubre aproximadamente el 70 por ciento de la superficie de la tierra por lo cual es de gran importancia para que nos mantengamos vivos, sin embargo también puede ponernos en peligro en determinadas situaciones, como lo pueden ser las inundaciones teniendo en cuenta que la inundación es considerada como el flujo o invasión de agua por exceso de escurrimientos superficiales o por acumulación del agua en terrenos planos, ocasionada por la falta o escasez de drenaje, tanto natural como artificial.

Por lo general la dimensión de una inundación es provocada por eventos hidrometeorológicos dependiendo de la intensidad de la lluvia, de su distribución, espacio y tiempo, del tamaño de las cuencas hidrológicas afectadas así como características del suelo y del drenaje natural o artificial de las cuencas. (Bremer & Lara, 2001)

Históricamente hablando, muchas civilizaciones se han asentado cerca de cuerpos de agua para satisfacer sus necesidades biológicas, lo cual no impactó al medio ambiente de manera significativa, si no que fue hasta el momento en que aumentó la población y la demanda del recurso hídrico, que los cuerpos de agua perdieron la capacidad de regeneración y fueron seriamente afectados.

México esta propenso a recibir con frecuencia diversos tipos de fenómenos naturales con magnitudes catastróficas, debido a su ubicación geográfica, las características climáticas, topográficas, orográficas e hidrológicas, por lo que estamos expuestos a diversidad de peligros.

Dado que en la zona central del país existe una mayor concentración demográfica, y sus cuencas hidrológicas son las más dañadas y a este problema hay que sumarle situaciones como la poca atención que reciben las plantas tratadoras de aguas residuales y la ineficiencia del suministro del líquido, tanto administrativa como tecnológica.

De acuerdo con la CENAPRED (2006) el incremento de la vulnerabilidad en el territorio, ante la presencia de fenómenos hidrometeorológicos, se debe a que la capacidad de respuesta es meramente reactiva y por otro lado, al poco conocimiento que tiene la población sobre el cómo actuar ante un desastre, esto lleva a la a necesidad de proponer estrategias para introducir medidas apropiadas de prevención y mitigación que respondan a las preferencias de la comunidad, basándose en análisis de la vulnerabilidad para una evaluación del riesgo.

## ***II. Planteamiento del Problema***

La Subcuenca del Río Tejalpa se encuentra dentro del Estado de México, en el Curso Alto del Río Lerma, tiene sus orígenes en las laderas del Nevado de Toluca, donde se conoce como arroyo Torrentillas, desciende desde una altitud en torno a los 4,100 metros sobre el nivel del mar (msnm) en dirección norte, para finalmente desembocar en el Río Lerma. Toda esta subcuenca abarca una extensión de 242.8 km<sup>2</sup>, abarcando parte de los municipios de Zinacantepec, Toluca y Almoloya de Juárez; que será el límite para el desarrollo del presente trabajo (Baró, et. al, 2005).

Las inundaciones en la subcuenca del Río Tejalpa son un fenómeno que de manera recurrente han afectado la dinámica de vida de sus habitantes; de acuerdo a la Comisión del Agua del Estado de México desde el 2002 en el municipio de la zona de estudio cuenta con 10 zonas recurrentes a inundarse y 6 zonas donde se presentan severos encharcamientos, lo que ha causado desde entonces considerables daños en la población y sus bienes; así como en la agricultura.

Aún en la actualidad (2016) la población que habita en los alrededores del río Tejalpa sigue siendo vulnerable al peligro por inundación, debido a que desde su estructura geomorfológica se sitúa en una planicie por que la hace completamente vulnerable a la acumulación fluvial de las periferias de la cuenca.

Además los impactos social y económicos que representa una inundación, existe otra variable importante para el bienestar de la sociedad, y esta no es sino la administración eficiente de la información de sucesos peligrosos a los que la población se encuentra expuesta, la cual en la actualidad no existe de manera tangible en la administración de gobierno local, lo anterior por su puesto provoca que tanto el análisis de las problemáticas ocasionadas por riesgos naturales, no sea oportuna y por ende que la solución ante y para la sociedad sea poco clara o inexistente.

De tal forma, se hace oportuno preguntar si existen o cuentan con herramientas geográficas tales como los sistemas de información geográfica, los sistemas de alerta temprana, y en conjunto con esfuerzos institucionales y de la población que podrían ser útiles en la prevención oportuna de una inundación y poder reducir las pérdidas económicas y sociales dentro de la subcuenca del Río Tejalpa.

### ***III. Justificación***

Las tecnologías de la información han cambiado la forma de operación de las instituciones, a través de ellas logran mejorar los procesos operativos, que suministran la información necesaria para la toma de decisiones.

En la actualidad, el incremento en la vulnerabilidad de un territorio, ante la presencia de fenómenos naturales cada vez más intensos como frecuentes, conllevan a la necesidad de formular estrategias para introducir medidas apropiadas de prevención y mitigación que respondan a las prioridades de la comunidad, en base a un análisis de la vulnerabilidad como evaluación del riesgo.

Derivado del incremento en recurrencia y magnitud de los fenómenos naturales, ha sido de vital importancia que los gobiernos municipales cuenten con instrumentos de planeación en materia de prevención que les permita tener una inmediata reacción ante las eventuales contingencias que un fenómeno natural suele ocasionar.

El desarrollo del presente trabajo “Propuesta de un Sistema de Alerta Temprana por Inundación en la Subcuenca del Río Tejalpa (SIATI-SRT)”; se fundamenta en el sentido de servir como una herramienta preventiva y de apoyo para las autoridades en la toma de decisiones ante la construcción social del riesgo en áreas potenciales de peligro; así mismo este documento pretender servir como un medio de información para la población sobre las características físicas de su territorio y áreas potencialmente inundables que ponen en peligro a la población.

## ***IV. Objetivos***

### **IV.I Objetivo general**

- Realizar una propuesta de diseño de un sistema de alerta temprana por inundación en la subcuenca del río Tejalpa (SIAT-ScRT) en una plataforma web.

### **IV.II Objetivos específicos**

- Identificar las zonas susceptibles a inundación en la subcuenca del río Tejalpa, así como las localidades que se encuentran expuestas al afluente del río Tejalpa.
- Identificación de los albergues más cercanos al área de inundación.
- Analizar los posibles daños que pueda ocasionar si se presenta alguna inundación en la subcuenca del río Tejalpa.
- Interpretar datos físico-naturales y sociales, que permitan hacer la propuesta de diseño de un SIAT-ScRT.
- Realizar el diseño de una plataforma web en el que se plasme la información sobre zonas susceptibles a inundación.
- Proponer la ubicación estratégica para la instalación de limnímetros y pluviómetros

# ***CAPÍTULO 1. MARCO DE REFERENCIA***

## **1.1. Antecedentes de Sistema de Alerta**

Las inundaciones son el peligro natural más frecuente a nivel mundial, en el 2010, de acuerdo con la base de datos realizada por OFDA-CRED Database, ocurrieron 216 desastres hidrológicos, que mataron a más de 189 millones de personas en el mundo, afectaron a más de 217 millones causando perjuicio económico enorme.

### **1.1.1. Sistemas Manuales de alerta local de crecidas repentinas, Dinalupihan y Hermosa, Filipinas, 2012.**

El sistema es una medida de mitigación de desastres por inundaciones no estructurada (no hay represas ni diques involucrados) que incluye la vigilancia hidrológica (observación de niveles de ríos), recolección de información, alertas de inundaciones basadas en el nivel de ríos y la tasa de elevación y las fases de preparación y respuesta a desastres según aplican a una localidad o a un área de sub-cuenca dentro de ambos pueblos.

El sistema está compuesto por un conjunto de limnímetros; instalados estratégicamente dentro del área. Los instrumentos son usados como marcadores de referencia para que la comunidad vigile durante épocas de tiempo inclemente. Los niveles de evaluación en el área transversal del río donde se encuentran los limnímetros son usados como niveles para que la comunidad responda y tome las acciones apropiadas cuando exista una posibilidad de inundación/crecida repentina. (University Corporation for Atmospheric Research, 2012).

Los pasos para el uso del sistema de alerta temprana compuesta por limnímetros, son los siguientes:

1. Observación diaria del Nivel del Agua.
2. Registro del Nivel de Agua Máximo y Tiempo de Ocurrencia en el caso de precipitaciones.
3. Observación de la condición Local y del Fenómeno en Desarrollo.
4. Reporte en caso de que el nivel de Agua Exceda el nivel de alarma.

### **1.1.2. Sistema de Alerta temprana por Inundaciones, El Salvador, 2009**

El sistema implementado en El Salvador tiene la misión de generar información hidrológica, pronósticos y alerta de inundaciones, (Ver Figura 1) que ayude a las diferentes instancias y poner dicha información en forma de instrumentos que sirvan en la gestión del riesgo para que cada quien tome las medidas pertinentes ante los fenómenos naturales.(Servicio Hidrologico Nacional, 2009).

## Diseño del Sistema de Alerta Temprana

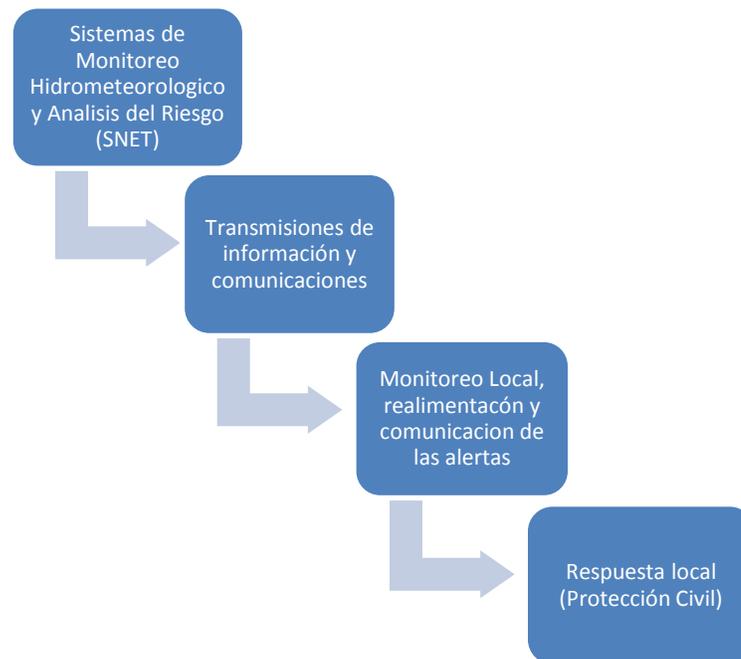


Figura. 1 Metodología para la elaboración de sistema de alerta temprana del Salvador.  
Elaboración propia

### **1.1.3. Sistema Europeo de Alerta ante Inundaciones (European Flood Alert System, EFAS)**

El Sistema Europeo de Alerta ante Inundaciones fue desarrollado en el año 2009 y aprobado por el Centro Común de Investigación (Joint Research Centre, JRC) de la Comisión Europea, entro en funcionamiento desde el otoño del año 2012. El Sistema Europeo de Alerta ante Inundaciones estudia los datos geográficos, las condiciones climáticas y la previsión de precipitaciones a nivel europeo (ver Figura 2.), y ayuda a estar mejor preparados frente a futuras inundaciones alertando sobre sobre la posibilidad de que se produzcan, con hasta diez días de antelación. Esto permite abrir las presas, poner en guardia a los servicios de rescate y, si fuera necesario, evacuar a las personas a tiempo. ([www.jrc.ec.europa.eu/research4u](http://www.jrc.ec.europa.eu/research4u). Fecha de consulta 18 de Junio de 2015).

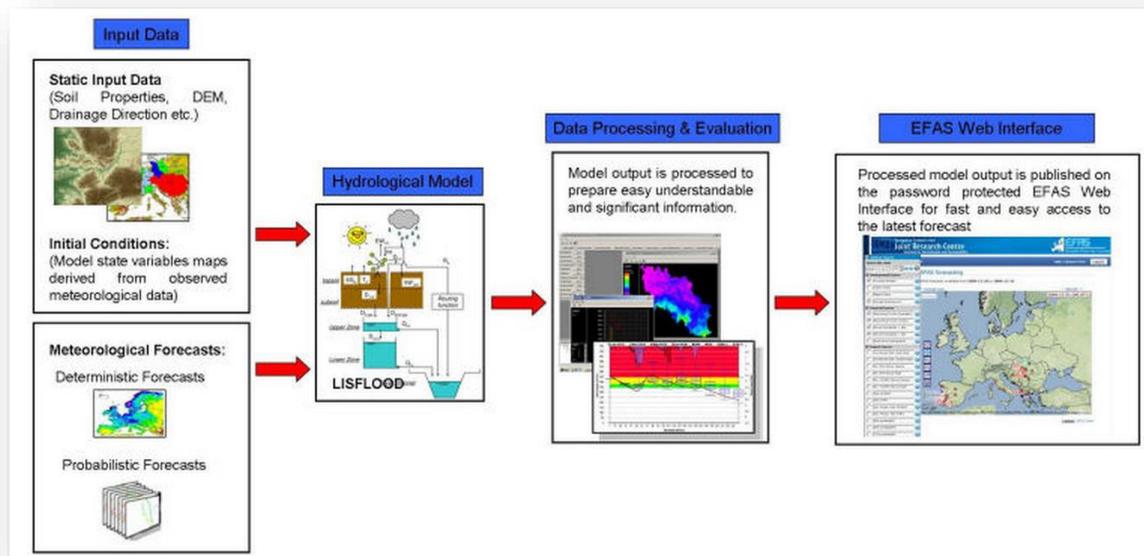


Figura. 2 Metodología del Sistema Europeo de Alerta ante Inundaciones

Fuente: [www.jrc.ec.europa.eu/research4u](http://www.jrc.ec.europa.eu/research4u). Fecha de consulta 18 de Junio de 2015

#### 1.1.4. Inventario y Caracterización SAT Informe De Honduras

En este informe, se citaron brevemente antecedentes de la implementación de los SAT en Honduras, y sistemas que fueron implantados incluso antes del huracán Mitch, fenómeno que fue catalogado como el más destructivo y que afectó la región centroamericana. También se detallan los SAT que fueron identificados y mapeados, los cuales fueron objeto de verificación en campo a fin de realizar un diagnóstico del estado operativo actual.

Posterior al mapeo de gabinete de los Sistemas de Alerta Temprana de Honduras, se hicieron visitas a los sitios en los cuales están instalados los SAT y se realizaron entrevistas con los responsables. Se visitaron algunos de los sitios de monitoreo y áreas vulnerables, manteniendo charlas con los afectados, interrogando sobre sus conocimientos y preparación para enfrentar las emergencias, comprensión de los estados de alerta, alarmas, rutas de evacuación y localización de albergues, entre otros. Con los responsables

de los Centros de Pronósticos de las alcaldías se investigó sobre el conocimiento de los estudios hidrológicos e hidráulicos previos realizados para la implementación del sistema, los umbrales definidos para las alertas y calibraciones posteriores realizadas en base a eventos extremos ocurridos. La preparación de la población para las emergencias, la formación de Comités de emergencia local y brigadas de rescate fueron objeto de recopilación durante las visitas. Como resultado de la recopilación de gabinete y las visitas de campo, se incluye en el informe, la Caracterización de los SAT, en la cual se hace un análisis de la situación del estado de operatividad de los SAT en el país.

Se dio énfasis a los problemas encontrados en el aspecto técnico, fase crucial para el monitoreo y pronóstico, y se valora la estructura comunitaria permanente (Comités de Emergencia Local – CODEL), y el esfuerzo de las Organizaciones no Gubernamentales y de proyectos en las áreas donde están los SAT para apoyar a las alcaldías a mantener capacitada a la población para la respuesta a la emergencia. En el apartado de la Caracterización de los SAT, se procuró obtener datos del monto de inversión realizado por las distintas instituciones para crear estas herramientas SAT, pero los resultados son dispares y las cifras de inversión se han perdido en el tiempo. El diagnóstico realizado en base a las reuniones y las visitas de campo, permitió plasmar en las conclusiones, que más que una síntesis del estado de operatividad, se realizó una reflexión sobre los aciertos y desaciertos que finalmente se reflejan en el estado operativo y funcional de los SAT.

Finalmente se creó recomendaciones, haciendo énfasis en cada una de las etapas por la que debe pasar un sistema para su funcionamiento adecuado, la interrelación entre las



Figura. 3 Mapa para el seguimiento de Huracanes y Tormentas Tropicales, Honduras

autoridades y la comunidad en riesgo, para alcanzar o mantener la sostenibilidad del buen funcionamiento de estas herramientas (Ver Figura. 3). (UNESCO)

## **1.2. Antecedentes Nacionales de Inundaciones y Sistemas de Alerta Temprana Contra Inundaciones en México**

Se han realizado diversas investigaciones que han abordado la problemática de las inundaciones en distintas regiones del país considerando diversos enfoques; cabe destacar el trabajo de Díaz e Isuhuaylas (2001), quienes emplean modelos hidráulicos para entender la dinámica de las inundaciones en la subcuenca del río Tejalpa, en el municipio de Zinacantepec, Estado de México.

Otra investigación importante que realizada por Garnica y Alcántara (2004) por fue riesgos por inundación asociados a eventos de precipitación extraordinaria en el curso bajo del río Tecolutla, que utilizaron la Percepción Remota para identificar áreas susceptibles a inundación. Hudson y Colditz (2003) combinaron criterios geomorfológicos, de laboratorio y Percepción Remota para delimitar un valle aluvial en la cuenca del río Pánuco.

Durante los últimos 30 años, alrededor de 60 huracanes causaron graves daños en siete estados de la República. El país estuvo también expuesto a casi igual número de tormentas tropicales con vientos máximos de hasta 110 kilómetros por hora. Los estados más afectados han sido los del pacífico sur: Chiapas, Oaxaca y Guerrero. En la costa Atlántica se tiene un promedio anual de 8 huracanes, de los cuales, al menos 2 entran a tierra firme; en tanto que por el Océano Pacífico el promedio anual se eleva a 13, de los cuales 4 entran a tierra (Bitrán Bitrán, 2000).

El impacto conjunto de los huracanes Hilda y Janet en septiembre de 1955 cobró la vida de más de 400 personas, principalmente, en las ciudades de Cozumel, Chetumal y Tampico, así como algunos municipios de Veracruz (Secretaría de Gobernación, 2010).

En México de 1980 a 1999 ocurrieron por efecto de desastres, alrededor de 10,000 muertes. Las pérdidas económicas calculadas alcanzan 9,600 millones de dólares, con un monto promedio anual cercano a los 500 millones de dólares (Bitrán Bitrán, 2000).

En México el problema de las inundaciones llega de la mano con la época de lluvias y temporada de huracanes. En Octubre de 1997 el huracán Paulina entró por el Pacífico dejando un saldo destructivo en diferentes partes del país como Puerto Escondido, Oaxaca y el Puerto de Acapulco, 300 mil personas se quedaron sin casa, y el número de fallecimientos fue de 300 a 400 personas. Las pérdidas económicas se cuantifican en 7.5 billones de dólares.

Por otra parte el huracán Gilberto tocó tierra el 14 de Septiembre de 1998 en la Península de Yucatán, provocando desastres en la zona Noroeste del país, como es el caso de Monterrey con el desbordamiento del río Santa Catarina, con pérdidas que se cuantificaron en 10 billones de dólares.

En el 2005 el huracán Stan afectó a Oaxaca y provocó el desbordamiento del río Tapachula de Chiapas, arrasando con 2 mil 500 casa.

El estado de Tabasco vivió uno de los mayores desastres en el 2007, tanto por el número de damnificados como por las pérdidas materiales. Las lluvias torrenciales superaron la capacidad de la presa Peñitas, que llegó a su máxima capacidad haciendo necesario abrir las compuertas y desfogar 2 millones de litro por segundo, originando la tragedia de la inundación.

Otro acontecimiento importante ocurrió en Septiembre del 2013, el huracán Manuel que entro por el Pacifico junto con la tormenta tropical Ingrid que provenía del Golfo de México, ocasionaron grandes daños en diferentes estados de la República Mexicana como son Veracruz, Tamaulipas, Michoacán y Oaxaca, pero los más significativos se presentaron en el estado de Guerrero afectando a 59 de los 81 municipios, en Acapulco la Ciudad más poblada del estado quedo incomunicada vía terrestre y se reportaron 24 personas fallecidas a causa de las inundaciones.

### **1.2.1. Plan estratégico de desarrollo para el Establecimiento de un Sistema de Alerta Temprana para la Prevención de Inundaciones en el valle de México**

El sistema se basa en la instalación de un radar meteorológico y una red de telemetría hidrológica, con los cuales los datos son transmitidos, recolectados, procesados y difundidos en información hidrometeorológica.

El objetivo del sistema en primera opción es la detección de fenómenos hidrometeorológicos potencialmente peligrosos, mediante la vigilancia y monitoreo en base a la utilización de umbrales. Estos valores numéricos estarán referidos a las principales variables medidas o estimadas, definirán los estados de alerta y se referirán a instantes recientes o actuales. Dentro de esta primera fase se puede empezar a operar con la red de telemetría, en caso de que la instalación y puesta en marcha del radar meteorológico necesitare más tiempo.

Una segunda fase estará enfocada al emitir alertas previstas a corto plazo, de tipo meteorológico como es la precipitación y de tipo hidrológico referente a los niveles y caudales presentes.

Al contemplar estas dos fases se buscara un ajuste entre modelos de ambos tipos para lograr mayores horizontes de prevención hidrológica lo que resultara como una tercera fase.

El funcionamiento final del sistema de alerta temprana dependerá de la asignación de un equipo humano así como apoyo de entidades externas e instituciones involucradas, y sin dejar atrás la importancia de estudios, modelos y medios complementarios, esto con el fin de mejorar, entender y agilizar la manipulación del sistema.

### **1.2.2. Sistema de Alerta Temprana Contra Eventos Meteorológicos Extremos (SATEME)**

El S. A. T. E. M. E. (Sistema de Alerta Temprana Contra Eventos Meteorológicos Extremos) para las Costas del Litoral Tamaulipeco, es un conjunto de herramientas de simulación y predicción hidrometeorológica que determinan las condiciones de riesgo por marejadas de tormenta y avenidas extremas de la cuenca baja del Río Pánuco en la costa sur del estado de Tamaulipas. Determina para condiciones específicas de un Evento Ciclónico Tropical; las llanuras de inundación en la Zona Metropolitana Costera de los municipios de Tampico, Madero y Altamira, en Tamaulipas y parcialmente en Pueblo Viejo y Pánuco, Veracruz (Jiménez Hernández & Sánchez González, 2007).

El Objetivo general del SATEME es conocer la necesidad de la prevención ante desastres por inundaciones en los municipios mexicanos y explicar la metodología implementada en el sistema de alerta temprana contra eventos meteorológicos extremos (marejadas, huracanes, avenidas e inundaciones), que puedan afectar la zona costera del estado de Tamaulipas.

Determinar las llanuras de inundación en la Zona Conurbada de Tampico, Madero y Altamira, en la Costa Sur de Tamaulipas ante un evento meteorológico (Ciclón Tropical y/o

Avenida Extraordinaria en la cuenca baja del Río Pánuco). Coadyuvar con los planes de atención a contingencias que las autoridades Estatales, municipales y federales, tienen implementadas para la Zona Conurbada dando mayor certidumbre sobre áreas afectadas por inundación, con la habilitación de albergues y refugios temporales y establecimiento de rutas de evacuación. Conjuntar información histórica y de tiempo real que permita prevenir, minimizar daños a personas y propiedades por los efectos de Eventos Meteorológicos Extremos comunes en la región.

El proyecto SATEME, está planteado en tres etapas. La primera está enfocada a la limitación de los planos de inundación de la zona conurbada, los cuales se obtuvieron de una simulación hidrodinámica, la segunda etapa se basó en el desarrollo de un esquema mixto que combina un análisis probabilístico para determinar la magnitud de un hipotético huracán que impacte la zona, la tercera fase está enfocada en montar el esquema en un sistema de consulta web programado.

Es importante puntualizar que el proyecto SATEME, sólo es una herramienta de apoyo y no deberá tomarse como una indicación definitiva y única a considerar en el caso del impacto de un huracán en la zona conurbada de Tampico- Madero-Altamira.

## CAPÍTULO 2. MARCO JURÍDICO

En este capítulo se aborda el Marco Legal Mexicano lo cual para la temática de las inundaciones y la implementación de Sistemas de Alerta Temprana nos permita a cada uno de sus integrantes tener las bases legales de actuación y los faculte para coordinar esfuerzos y recursos en beneficio de la población.

Existe una amplia normativa que trata de la reducción del riesgo y atención a emergencias y desastres en donde el tema de las inundaciones se encuentra inmerso por lo que de acuerdo a la Figura. 4 presentada a continuación se muestra a manera de resumen las leyes y reglamentos que se tomaran en cuenta para el fundamento legal de este trabajo.



*Figura. 4 Marco Jurídico  
Elaboración propia*

## **2.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos**

De acuerdo con el Artículo 115° en su fracción V formula que los municipios, en los términos de las leyes Federales y Estatales relativas, estarán facultados para:

- a. Formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de desarrollo urbano municipal;
- b. Participar en la creación y administración de sus reservas territoriales;
- c. Participar en la formulación de planes de desarrollo regional, los cuales deberán estar en concordancia con los planes generales de la materia. Cuando la Federación o los Estados elaboren proyectos de desarrollo regional deberán asegurar la participación de los municipios;
- d. Autorizar, controlar y vigilar la utilización del suelo, en el ámbito de su competencia, en sus jurisdicciones territoriales;
- e. Intervenir en la regularización de la tenencia de la tierra urbana;
- f. Otorgar licencias y permisos para construcciones;
- g. Participar en la creación y administración de zonas de reservas ecológicas y en la elaboración y aplicación de programas de ordenamiento en esta materia.

## **2.2 Ley General de Cambio**

Según el Artículo 9° menciona que corresponde a los municipios, las siguientes atribuciones:

- a. Prestación del servicio de agua potable y saneamiento;
- d. Protección Civil.

Por lo que en el Artículo 30° menciona que las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal Centralizada y paraestatal, las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de sus competencias, implementarán acciones para la adaptación conforme a las disposiciones siguientes, establecidas en las siguientes fracciones:

**IV.** Establecer planes de protección y contingencia ambientales en zonas de alta vulnerabilidad, áreas naturales protegidas y corredores biológicos ante eventos meteorológicos extremos;

**VII.** Formar recursos humanos especializados ante fenómenos meteorológicos extremos;

**IX.** Mejorar los sistemas de alerta temprana y las capacidades para pronosticar escenarios climáticos actuales y futuros;

**X.** Elaborar los diagnósticos de daños en los ecosistemas hídricos, sobre los volúmenes disponibles de agua y su distribución territorial;

**XI.** Promover el aprovechamiento sustentable de las fuentes superficiales y subterráneas de agua;

**XII.** Fomentar la recarga de acuíferos, la tecnificación de la superficie de riego en el país, la producción bajo condiciones de prácticas de agricultura sustentable y prácticas sustentables de ganadería, silvicultura, pesca y acuicultura; el desarrollo de variedades resistentes, cultivos de reemplazo de ciclo corto y los sistemas de alerta temprana sobre pronósticos de temporadas con precipitaciones o temperaturas anormales;

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

De acuerdo con el Artículo 14° establece que el Sistema Nacional es un conjunto orgánico y articulado de estructuras, relaciones funcionales, métodos, normas, instancias, principios, instrumentos, políticas, procedimientos, servicios y acciones, que establecen corresponsablemente las dependencias y entidades del sector público entre sí, con las organizaciones de los diversos grupos voluntarios, sociales, privados y con los Poderes Legislativo, Ejecutivo y Judicial, de los organismos constitucionales autónomos, de las entidades federativas, de los municipios y las delegaciones, a fin de efectuar acciones coordinadas, en materia de Protección Civil.

En el Artículo 15° menciona que el objetivo general del Sistema Nacional es el de proteger a la persona y a la sociedad y su entorno ante la eventualidad de los riesgos y peligros que representan los agentes perturbadores y la vulnerabilidad en el corto, mediano o largo plazo, provocada por fenómenos naturales o antropogénicos, a través de la gestión integral de riesgos y el fomento de la capacidad de adaptación, auxilio y restablecimiento en la población.

Según el Artículo 16° establece que el Sistema Nacional se encuentra integrado por todas las dependencias y entidades de la administración pública federal, por los sistemas de protección civil de las entidades federativas, sus municipios y las delegaciones; por los grupos voluntarios, vecinales y organizaciones de la sociedad civil, los cuerpos de bomberos, así como por los representantes de los sectores privado y, social, los medios de comunicación y los centros de investigación, educación y desarrollo tecnológico.

Los integrantes del Sistema Nacional deberán compartir con la autoridad competente que solicite y justifique su utilidad, la información de carácter técnico, ya sea impresa, electrónica o en tiempo real relativa a los sistemas y/o redes de alerta, detección, monitoreo, pronóstico y medición de riesgos.

## **2.4 Reglamento de la Ley General de Protección Civil, mayo de 2014**

En el Artículo 62° establece que la Coordinación Nacional impulsará la creación del Sistema Nacional de Alertas que permita contar con información, en tiempo real para aumentar la seguridad de la población en situaciones de Riesgo Inminente.

Según el Artículo 63° menciona que los Sistemas de Monitoreo forman parte de la Gestión Integral de Riesgos al proveer información para la toma de decisiones en materia de Protección Civil; por lo tanto, son herramientas necesarias para mejorar el conocimiento y análisis sobre los Peligros, Vulnerabilidades y Riesgos, para el diseño de medidas de Reducción de Riesgos, así como para el desarrollo de Sistemas de Alerta Temprana.

En el Artículo 64° menciona la Coordinación Nacional para el desarrollo de los Sistemas de Alerta Temprana, promoverá que las autoridades de los tres órdenes de gobierno tomen en cuenta los siguientes aspectos:

- I. El estudio y conocimiento previo del Riesgo para el cual se hará el alertamiento, basado en el Atlas Nacional de Riesgos y los Atlas Estatales y Municipales de Riesgos, e incluir el análisis y evaluación de las características del Fenómeno Natural Perturbador tales como intensidad, probabilidad de ocurrencia, Vulnerabilidad, identificación de zonas geográficas y comunidades que podrían verse afectadas.
- II. Los equipos de medición, monitoreo, transmisión, adquisición y procesamiento de la información que se requieran, así como los equipos o sistemas para difundir las Alertas.
- III. Los aspectos relacionados con la operación y mantenimiento de los Sistemas de Alertas Tempranas, incluido a los especialistas y responsables de su operación.
- IV. Los modelos que permitan, en su caso, el pronóstico de intensidades y la definición de los umbrales para su activación.

- V. Los mecanismos de difusión y comunicación para transmitir las Alertas a la población en Riesgo y a las autoridades correspondientes. Dichos mecanismos deberán establecer canales y protocolos que permitan una transmisión clara y oportuna y, en su caso, información sobre la Alerta, la cual incluya las instrucciones para atender la Emergencia.
- VI. Ejecución de campañas de concientización a la población respecto a los Riesgos derivados por los Fenómenos Naturales Perturbadores.
- VII. La preparación, capacitación y acciones de respuesta en los diferentes niveles de estudio acerca de Fenómenos Naturales Perturbadores y Protección Civil.

Según el Artículo 65° establece para el diseño de los Sistemas de Alerta Temprana se deberán considerar, adicionalmente en su implementación, criterios que tomen en consideración la perspectiva de género, así como las necesidades de personas con discapacidad y grupos vulnerables, entre otros.

En el Artículo 66° indica que la Coordinación Nacional, en su carácter de responsable de la coordinación ejecutiva del Sistema Nacional, le compete promover y coordinar entre los integrantes del Sistema Nacional, la implementación de los Sistemas de Monitoreo y Sistemas de Alertas Tempranas, así como incorporar a dichos sistemas los esfuerzos de otras redes de monitoreo públicas de las entidades federativas o del sector privado.

La Coordinación Nacional fomentará y, en su caso, establecerá mecanismos de colaboración con los integrantes del Sistema Nacional que lleven a cabo el monitoreo de fenómenos naturales, con el objeto de intercambiar información relacionada con los Sistemas de Alerta Temprana.

Las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, que realicen el monitoreo de los fenómenos naturales para operar Sistemas de Alerta Temprana, deberán

prever en sus presupuestos los recursos necesarios para garantizar el óptimo funcionamiento de dichos Sistemas, así como la sostenibilidad de los mismos.

El Artículo 67° establece que La Coordinación Nacional llevará a cabo las siguientes acciones en materia de Sistemas de Alerta Temprana y Sistemas de Monitoreo:

- I. Promover a los integrantes del Sistema Nacional el desarrollo, implementación y, en su caso, operación de Sistemas de Monitoreo y de Sistemas de Alerta Temprana, en coordinación con las dependencias de la Administración Pública Federal responsables y con la participación de universidades y centros de investigación.
- II. Promover la capacitación de la población y de las autoridades de los tres órdenes de gobierno para responder adecuadamente a las Alertas.
- III. Difundir los mensajes de Alerta y recomendaciones que emita el Comité Nacional para proteger a la población, sus bienes y su entorno.
- IV. Incorporar en sus planes y programas de Protección Civil, los procedimientos específicos para la operación de los Sistemas de Alerta Temprana que tengan implementados.
- V. Compartir la información resultado del monitoreo y de los Sistemas de Alerta Temprana con las dependencias de la Administración Pública Federal responsables.

Según el Artículo 68° los medios de comunicación masiva, con base en los convenios que para tal fin se establezcan con las autoridades de Protección Civil, participarán en la difusión oportuna y veraz de los mensajes de Alerta que deriven de los Sistemas de Alerta Temprana.

En el Artículo 69° indica que los particulares y las organizaciones de la sociedad civil podrán participar, bajo la coordinación de las autoridades responsables, en los procesos de

Preparación, difusión y respuesta adecuada de los Sistemas de Alerta Temprana, a fin de salvaguardar la vida de la población que pudiera verse afectada por un Fenómeno Natural Perturbador.

## **2.5 Bando Municipal de Zinacantepec Gaceta Municipal del H. Ayuntamiento de Zinacantepec**

De acuerdo con el Artículo 77° el Municipio en este caso de Zinacantepec tiene la obligación de establecer Sistema de Protección Civil Municipal, el cual se integrará por:

- I. La Presidenta Municipal;
- II. El Consejo Municipal de Protección Civil;
- III. Las Unidades Internas; y
- IV. Los Grupos Voluntarios.

En el Artículo 100° menciona que en el área encarga de la elaboración de un Atlas de Riesgo tiene la facultad de realizar estudios, análisis, investigaciones y sugerencias a los sectores privados, públicos y sociales que lo soliciten.

En el Artículo 101° contará con una base de datos y una ficha técnica de cada uno de los pueblos o comunidades que integran el Municipio de Zinacantepec, donde podrá emitir dictámenes y reconocimientos de las zonas vulnerables.

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

En el Artículo 1° Fracción II indica la fijación de las normas básicas para planear y regular el ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población.

En el Artículo 3° menciona 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, en sus Fracciones:

**XI.** La estructuración interna de los centros de población y la dotación suficiente y oportuna de infraestructura, equipamiento y servicios urbanos;

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

El Artículo 48° establece que la Federación, las entidades federativas y los municipios promoverán acciones concertadas entre los sectores público, social y privado, que propicien la participación social en la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población.

En el Artículo 49° fracción IV indica que la participación social en materia de asentamientos humanos comprenderá el financiamiento, construcción y operación de proyectos de infraestructura, equipamiento y prestación de servicios públicos urbanos

Según el Artículo 51° Fracción XII establece que la Federación, las entidades federativas y los municipios fomentarán la coordinación y la concertación de acciones e inversiones entre

los sectores público, social y privado para la aplicación de tecnologías que protejan al ambiente, reduzcan los costos y mejoren la calidad de la urbanización.

## **2.7 Ley De Asentamientos Humanos Del Estado De México**

En su Artículo 1° establece que las disposiciones de esta Ley son de orden público e interés social y tienen por objeto:

I. Fijar las disposiciones básicas para planear, ordenar y regular los asentamientos humanos en el Estado y la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población.

II. Establecer la concurrencia y coordinación de los municipios y del Estado así como la concertación de estos con los sectores social y privado para la ordenación y regulación de los asentamientos humanos en el territorio estatal.

III. Establecer las bases conforme a las cuales el Estado y los municipios ejercerán sus atribuciones para zonificar el territorio y determinar las correspondientes provisiones, usos, reservas y destinos de áreas y predios.

## **2.8 Ley de Aguas Nacionales**

Según el Artículo 8° en su fracción XVI son causas de utilidad pública la prevención y atención de los efectos de fenómenos hidrometeorológicos que ponen en riesgo a personas, áreas productivas o instalaciones.

En el Artículo 11° fracción VI señala que son facultades de la Federación la reducción de riesgos ante la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos y atender y mitigar sus efectos negativos

En el Artículo 15 en su fracción XXXIII indica que La Comisión tiene como de determinar la operación de la infraestructura hidráulica para el control de avenidas y tomar las medidas necesarias para dar seguimiento a fenómenos hidrometeorológicos para atender las zonas de emergencia o desastre, en coordinación con las autoridades competentes

En el Artículo 24° en su fracción V señala que los estados, el Distrito Federal y los municipios cuentan con la atribución de ordenar, regular y planear los asentamientos humanos y centros de población de acuerdo con la disponibilidad de recursos hídricos, los atlas de riesgos estatales, zonas de peligro de fenómenos hidrometeorológicos y de recarga de acuíferos;

En el Artículo 30° en su fracción X los órdenes de gobierno deberán tienen la obligación de sensibilizar a la población sobre los efectos de la variación del ciclo hidrológico, adaptación al cambio global, asentamientos humanos en zonas de alto riesgo, y prevención y mitigación de los efectos de fenómenos hidrometeorológicos.

En el Título Noveno dedicado al contexto de Desastres y Emergencia en el Artículo 219° indica que la Federación, los estados, el Distrito Federal y los municipios deben implementar medidas para reducir riesgos, así como prevenir y mitigar los efectos que generan los fenómenos hidrometeorológicos; auxiliar, proteger y socorrer a la población y recuperar y reconstruir el entorno, de conformidad con la Ley General de Protección Civil y demás disposiciones jurídicas aplicables.

En el Artículo 221° establece que los órdenes de gobierno, por sí o en coordinación, deben desarrollar, crear, financiar, operar, restablecer, mantener y conservar sistemas e

infraestructura para la reducción, prevención, atención y mitigación de riesgos asociados a la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos.

En cuanto el Artículo 223° En la gestión integral de riesgos asociados a las emergencias y desastres causados por fenómenos hidrometeorológicos que considera, entre otros, inundaciones, control de avenidas y sequías, los órdenes de gobierno deben implementar las acciones siguientes:

**I.** Reducir el riesgo de inundaciones, sequías, sobreexplotación o contaminación con motivo de la ejecución de planes o programas;

**II.** Actualizar el Atlas Nacional de Riesgos por Inundación y Sequía;

**III.** Prohibir la construcción de vivienda en lugares donde la combinación de profundidad de inundación y velocidad del flujo sea mayor de 1.5 metros cuadrados por segundo, para cien años de período de retorno, y en caso de que el riesgo no sea mitigable, reubicar las viviendas;

**VII.** Crear, mantener y ampliar sistemas, mecanismos e instrumentos de información sobre precipitación, escurrimiento, cuerpos de agua e infraestructura hidráulica, así como de comunicación y alerta temprana;

**X.** Limpiar y desazolvar cuerpos de agua, así como sus bienes públicos inherentes, para mitigar riesgos por inundación;

**XIII.** Realizar atlas de riesgo de zonas vulnerables a fenómenos hidrometeorológicos que incluyan agentes perturbadores, daños esperados, peligros, vulnerabilidad y grado de exposición de la población.

## **2.9 Ley del Agua para el Estado De México y Municipios**

En el Artículo 18° establece que la Comisión gozará de autonomía de gestión, financiera y operativa, y tendrá las siguientes atribuciones:

**IX** Verificar que los desarrollos a que se refiere la fracción anterior se ubiquen en predios con vocación no inundable, debiendo emitir opinión negativa, en su caso, o condicionada a que se realicen las obras necesarias para evitar la inundación;

**XXVIII.** Emitir el atlas de inundaciones para el Estado;

**XXIX.** Administrar la infraestructura hidráulica que le sea entregada por el Gobierno Federal, los gobiernos municipales, los organismos operadores, y/o por los titulares de una concesión;

**XXX.** Implementar, operar y mantener la red estatal de estaciones meteorológicas e intercambiar información con redes afines

Según el Artículo 51° La infraestructura hidráulica para los servicios de drenaje, alcantarillado, saneamiento y tratamiento de aguas residuales para su reúso, comprende los colectores, subcolectores, cárcamos de bombeo, emisores, las plantas de tratamiento de aguas residuales, lagunas de oxidación, humedales, líneas moradas y las obras hidráulicas para la prevención de inundaciones, misma que será de jurisdicción Estatal cuando reciba descargas de aguas residuales o pluviales de más de un municipio.

De acuerdo con el Artículo 76° establece que el municipio o, en su caso, el organismo operador determinará la factibilidad de otorgamiento del servicio de agua potable a nuevos fraccionamientos, conjuntos habitacionales, comerciales, industriales, mixtos o de otro uso,

así como en los casos de ampliación o modificación del uso o destino de inmuebles, previo la satisfacción de los requisitos que para ello señala el Reglamento de esta Ley, y considerando la infraestructura hidráulica para su prestación y la disponibilidad del agua. La Comisión emitirá el dictamen de congruencia respectivo, que incluirá la determinación de si el predio tiene vocación inundable. En el caso de otorgamiento de factibilidad, el municipio o, en su caso, el organismo operador determinará y, en su caso, aprobará, y supervisará, en los términos del Reglamento, las obras necesarias para la prestación del servicio a cargo del desarrollador, mismas que se considerarán para el cálculo del cobro de conexión a la red de distribución correspondiente, o en su caso condicionar la factibilidad al desarrollo de la infraestructura. Para el otorgamiento de la factibilidad, el municipio o, en su caso, el organismo operador, deberá verificar que el desarrollo habitacional, no se encuentre en un predio cuya vocación natural sea inundable, en cuyo caso deberá negar la factibilidad o condicionarla a que se realicen las obras necesarias para evitar la inundación, conforme al procedimiento que determine la Comisión.

## **2.10 Reglamento de la Ley del Agua para el Estado de México y Municipios**

De acuerdo al Artículo 36° la planeación de los recursos hídricos del Estado deberá realizarse cada año durante las reuniones que lleve a cabo el Consejo y deberá considerar los elementos siguientes:

- I. Necesidades y requerimientos de la población.
- II. Disponibilidad de los recursos hídricos, su calidad y usos a los que pueden destinarse, así como su situación jurídica.
- III. Definición de medidas para prevenir su contaminación y asegurar su sustentabilidad.

**IV.** Nivel de agotamiento de mantos freáticos para promover la acción coordinada con la Federación para proveer a su recuperación.

**V.** Prioridades y limitaciones a los derechos existentes derivados de situaciones de emergencia.

**VI.** Asignaciones otorgadas y situación vigente.

**VII.** Destino que se dará a las aguas residuales, ya sea que se concesionen, se autorice su aprovechamiento o bien su tratamiento.

**VIII.** Requerimientos de construcción, conservación y/o mantenimiento de obras hidráulicas. IX. Ciclo hidrológico y las medidas necesarias para contribuir a su normalización.

X. Necesidad o no de declarar zonas de veda, reservadas, reglamentadas y/o de reserva, o de modificar los decretos respectivos.

**XI.** Definición de medidas para evitar inundaciones.

**XII.** Determinación de normas técnicas estatales necesarias para dar cumplimiento al objeto de la Ley, el Plan Hídrico Estatal, el Programa Hídrico y el presente Reglamento. XIII. Inventario de aguas de jurisdicción estatal y municipal.

**XIV.** La existencia de zonas de veda, de reserva o reglamentadas, así como las consideraciones que eventualmente pudieran conducir a la expedición de decretos en la materia.

**XV.** La información estadística e histórica disponible, aportada por los prestadores de servicio y usuarios.

**XVI.** Las demás que las autoridades del agua consideren pertinentes durante el proceso de planeación.

En el Artículo 38° la Comisión integrará la información, objetivos, metas, estrategias, acciones y otros instrumentos propuestos, analizados y aprobados durante las reuniones regionales de las autoridades del agua para elaborar el Programa Hídrico del ejercicio anual correspondiente y tomará en cuenta los criterios que al efecto elabore la Comisión Técnica.

De acuerdo con el Artículo 40° en la definición de los objetivos del Programa Hídrico deberán considerarse, estrategias y acciones para asegurar en lo posible la participación del usuario, principalmente en tareas de prevención de la contaminación del agua, su uso eficiente y el aprovechamiento de las aguas pluviales y residuales, la prevención de riesgos por fenómenos meteorológicos y por inundaciones entre otros.

En el Artículo 93° establece que las autoridades a cargo de las obras de drenaje y alcantarillado, deberán emitir un programa para su limpieza, desazolve y, en su caso, rectificación y revestimiento, que garantice su operación correcta de manera que se reduzcan los riesgos asociados al desbordamiento de aguas residuales, pluviales y tratadas que generen encharcamientos, inundaciones y/o afectaciones a terceros.

## **CAPÍTULO 3.MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL**

El objetivo de un sistema de pronóstico hidrológico es el de obtener en tiempo real, datos de precipitación y/o flujo en ríos a través de un sistema de colección y transmisión de datos, procesarlos por medio de modelos lluvia-escorrentamiento y de tránsito de avenidas, y pronosticar caudales y niveles de agua para períodos que van desde algunas horas hasta varios días, dependiendo del tamaño y del tiempo de respuesta de la cuenca. El pronóstico de caudales es usado para alertar a la población en áreas amenazadas por las probables inundaciones, además de alertar al personal encargado de la operación de estructuras de control de avenidas, como es la operación de vertedores controlados por compuertas en presas. (Pérez Luna & Rubio Gutiérrez, 2012)

Para la presente investigación se ostentaran diferentes conceptos mismos que describirán enfoques teóricos que servirán como fundamento para el desarrollo de la investigación.

Primero se partirá con la descripción de lo que son los Sistemas de Alerta Temprana, así como los tipos que existen, con el fin de entender el funcionamiento de cada uno de ellos, posteriormente se retomaran diferentes autores que hacen mención de conceptos como riesgo, desastre, Peligro, vulnerabilidad, esto con el fin de comprender el funcionamiento de estas variables en el desarrollo de la investigación.

También se presentan conceptos respecto a fenómenos hidrometeorológicos como lo son las inundaciones ya que en este trabajo es la variable principal para fundamentar el planteamiento del problema.

Así mismo se agregan definiciones y los componentes de los sistemas de información geográfica ya que es una parte importante para la elaboración del diseño de la propuesta del Sistema de Alerta Temprana.

### **3.1 Sistema de Alerta Temprana (SAT)**

Un Sistema de Alerta Temprana (SAT) lo podemos definir como aquel dispositivo complejo que avisa con anticipación de una eventualidad por un acontecimiento ya sea un fenómeno natural o humano que puede causar un desastre, con el objetivo de evitarlo. Desde los términos de gestión del riesgo, la duración del desastre está en la función de la fuerza del evento natural (o antrópico) y del grado de vulnerabilidad que presenta la población frente al fenómeno. El fenómeno en sí no es necesariamente un desastre, por ejemplo si observamos un huracán en la escala más alta pasar por una isla desierta no compone un desastre ya que no existe población vulnerable. En esta lógica de la gestión de riesgos (el desastre es evitable o reducible) ubicamos los SAT, unos sistemas diseñados y puestos en funcionamiento para avisar a la población de la proximidad de un evento y hacerla de forma inmediata mucho menos vulnerable.

Los Sistemas de Alerta Temprana pueden tratar de anticipar los eventos naturales o de origen humano (generalmente conflictos violentos) que, en interacción con la vulnerabilidad, pueden desembocar en desastres.

Según Ochara (2007) los sistemas diseñados y puestos en funcionamiento para avisar a la población de la proximidad de un evento y hacerla de forma inmediata mucho menos vulnerable.

La Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD) (2009), contempla y define a los sistemas de alerta temprana como “el conjunto de capacidades necesarias para generar y difundir información de alerta que sea oportuna y significativa, con el fin de permitir que las personas, las comunidades y las organizaciones amenazadas por un fenómeno natural o antropogénico se preparen y actúen de forma apropiada y con suficiente tiempo de anticipación para reducir la posibilidad de que se produzcan pérdidas o daños”.

Un Sistema de Alerta Temprana, SAT, consiste en la transmisión rápida de datos que active mecanismos de alarma en una población previamente organizada y capacitada para reaccionar de manera temprana y oportuna. El suministro de información oportuna se realiza por medio de las instituciones encargadas, lo que permite a las personas expuestas a la amenaza tomar acciones para reducir el riesgo y prepararse para una respuesta efectiva (OEA, 2010).

Otra de las definiciones es la que proporciona la Cruz Roja de Paraguay (2010) definiéndolo como una herramienta técnica que ayuda en la reducción de riesgos, con el objetivo de proteger a las personas y sus medios de vida expuestas a peligros y en el preparativo ante desastres, con el objetivo de proteger a las personas expuestas a peligros (Cruz Roja Paraguaya, 2010).

De acuerdo con la Estrategia Internacional para la Reducción de desastres (EIRD), un sistema de alerta temprana necesariamente comprende cinco elementos fundamentales:

- Conocimiento del riesgo.
- Seguimiento de cerca o monitoreo de la amenaza.
- Análisis y pronóstico de las amenazas.
- Comunicación o difusión de las alertas y los avisos.
- Capacidades locales para responder frente a la alerta recibida.

Una debilidad o falla en cualquiera de estos elementos da por resultado que falle todo el sistema (UNISDR, 2009).

Hay SAT que utilizan tecnología que requiere de conocimiento técnico experto en lo que se refiere a la observación y monitoreo del fenómeno y en la elaboración de los pronósticos, generalmente se apoya en información proporcionada por redes globales o telemáticas y utiliza una base científica que requiere la participación de profesionales entrenados.

Hay otros sistemas de alerta de base comunitaria, más sencillos y caracterizados por el uso de equipos de bajo costo y de fácil manejo, y por ser operados por los miembros de la comunidad, tanto en la fase de monitoreo como de alerta (OEA, 2010).

Es imperioso, para el buen funcionamiento de los SAT, que sin importar de cual tipo se trate, exista una participación activa de las comunidades en la operación de los mismos, desde la identificación y evaluación del riesgo, el diseño del SAT, el monitoreo de los indicadores, la colecta de datos, hasta la comunicación de la alerta y la respuesta. Es decir, de existir ambos tipos de sistemas en un área, ambos deben estar estrechamente articulados y fortalecerse mutuamente (OEA, 2010).

## **3.2 Tipos de Sistemas de Alerta Temprana**

### **3.2.1 SATIS Centralizados**

El Sistema de Alerta Temprana Centralizado se refiere aquel que utiliza de Tecnología que requiere de conocimiento técnico experto en lo que se refiere a la observación y monitoreo del fenómeno y en la elaboración del pronóstico de crecida.

La observación y monitoreo se basa en redes telemétricas de estaciones de lluvia y nivel de los ríos, que permiten pronósticos de crecida precisos y con anticipación. Se apoya en redes de observación global, como el radar, que permiten desarrollar modelos y pronósticos de tiempo, y utiliza una base científica que requiere la participación de profesionales con conocimiento y entrenamiento avanzado para desarrollar modelos hidrometeorológicos, en los cuales se basan los pronósticos de crecidas. Estos pronósticos permiten la difusión de avisos con antelación a las alertas, aumentando así el tiempo de preparación.

El objetivo de los sistemas de alerta centrados en la gente es empoderar a los individuos y a las comunidades amenazadas para tener la posibilidad de actuar a tiempo y de forma apropiada, de manera que se reduzca la posibilidad de pérdidas personales y daños en la propiedad, el medioambiente o en los medios de vida (Ocharan, 2007).

### **3.2.2 SATI Comunitario**

Es un sistema de carácter sencillo el cual se caracteriza por el uso de equipos de bajo costo y de un fácil manejo, operados por miembros de las comunidades tanto en los componentes y el monitoreo del evento así como en la comunicación de la alerta.

Este tipo de sistemas se basa en la participación activa de voluntarios de las comunidades que viven dentro de la cuenca donde se instaló el SATI, los voluntarios desempeñan funciones de trabajo en la repuesta, pero también participan en tareas de prevención con trabajos de mitigación de bajo costo y que no requieren de conocimiento técnico experto. El papel desempeñado por los voluntarios es primordial en el control y monitoreo hidrometeorológicos, los avisos y alertas debe de ser oportuna así como la preparación de los planes de contingencia y respuesta son Imperativos

### 3.3 Riesgo

Una ciencia que ha desarrollado con bases el concepto de riesgo ha sido la geografía, entre los geógrafos cabe destacar a Tornel, (1984) dice que el riesgo natural es considerado como ciertos acontecimientos extremos del medio que exceden la capacidad de los procedimientos humanos para absorberlos o amortiguarlos; son aquellos acontecimientos naturales, que exceden la capacidad de absorción del sistema.

Al igual que Lavell (2003) en el mismo ámbito propone que el riesgo es la probabilidad de daños y pérdidas en el futuro, y antecede al desastre y lo anuncia mientras que el desastre es la concreción de un riesgo, una realización de determinados niveles de riesgo en la sociedad, en que el evento físico sirve de detonador, pero no es la causa única que le da origen.

El concepto de riesgo tiene diferentes definiciones de acuerdo a la ciencia con la cual se estudie, un término muy ambiguo que es definida por diferentes autores en cada una de las ciencias que ellos comprenden, en la geografía: Maskrey (1993) sintetiza en tres visiones la conceptualización del riesgo:

1. Centrar al riesgo como amenaza: definición sustentada por las ciencias naturales, con diversos estudios de los procesos geológicos, meteorológicos e hidrológicos que las generan, por tanto “el riesgo se convierte en la probabilidad de la ocurrencia de un evento físico, extremo, en un lugar y periodo determinado” y además se puede cartografiar (mapas de riesgos).
2. Define al riesgo como probabilidad de pérdidas, está representada por las ciencias aplicadas como la ingeniería, se puede medir el impacto del fenómeno sobre la sociedad estableciendo la siguiente formula:

Riesgo= Amenaza \* Vulnerabilidad

3. Ciencias Sociales: el riesgo tiene que ver con la capacidad de absorber y recuperarse de las pérdidas, donde la vulnerabilidad asume un carácter dinámico a diferencia del enfoque (Maskrey, 1993).

Como Maskrey menciona la importancia que tiene el riesgo bajo un estudio científico sobre un fenómeno que puede o no causar un desastre, por otro lado el estudio de la sociedad sobre su capacidad de resiliencia ante dicho evento y le deja a la ingeniería las cuestiones de medición y cuantificación del potencial del riesgo.

Ante la nueva visión de plantea Maskrey (1993) sobre la incorporación de la ingeniería para el estudio del riesgo Cardona considera al riesgo como representante de algo irreal ubicado en el tiempo futuro, en el que convergen la eventualidad, las consecuencias y el contexto (capacidad de la gestión y los actores relacionados); y su evaluación debe servir para la toma de decisiones. Además el riesgo está relacionado con la posibilidad o el azar de que algo pueda o no ocurrir, por lo tanto tiene altos niveles de incertidumbre (Cadona Arboleda, 2001).

Los enfoques holísticos tiene otra visión del riesgo en el cual plantean los escenarios de riesgo, permiten distinguir las relaciones dinámicas entre el peligro y la vulnerabilidad en el que se incluyen la exposición a daño, perspectivas de daños adversos y condiciones que contribuyen a potenciar el daño.

Por otro lado la UNDRP, siendo Comisión Mundial (1979) que estudia los desastres mundiales lo define como el grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un fenómeno particular, mientras que el riesgo total en el número total de pérdidas humanas, heridos, daños a propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de un desastre (riesgo específico y elementos en riesgo). Siguiendo con un marco

institucional la CENAPRED precisa que el riesgo de desastre: existe cuando hay una probabilidad de que un fenómeno o suceso se vuelve una amenaza y que esta evolucione para que potencialmente afecte a una población, la cual a su vez ha construido socialmente vulnerabilidades (acumuladas y diferenciales) que la exponen a esa amenaza específica. La población posee ciertas capacidades específicas para enfrentar y reponerse de dicho impacto (resiliencia) a través de estrategias adaptativas (SEGOB-CENAPRED-SINAPROC-FONDEN, 2001).

Si esas capacidades no están desarrolladas, entonces hay un factor más de vulnerabilidad ante un riesgo de desastre.

El riesgo no manejado (si no se hace nada por conocerlo e identificarlo y si no se actúa oportuna y adecuadamente sobre él) favorece la evolución de los desastres. La reducción del riesgo implica disminuir o eliminar las causas de fondo que los generan, para poder intervenir en los factores que generan los escenarios de los riesgos es necesario identificar y modificar sus componentes en el tiempo y el espacio correcto, por lo que se establece la siguiente formula. (SEGOB-CENAPRED-SINAPROC-FONDEN, 2001-2006)

**Riesgo de desastre= amenazas + vulnerabilidades + capacidades**

“Cualquier proceso natural que presenta una amenaza para la vida humana o la propiedad, un proceso natural se convierte en riesgo cuando amenaza los intereses humanos.” (H. Blodgett & A. Keller, 2006).

“Es la posibilidad de que un territorio y la sociedad que lo habita pueda verse afectada por un fenómeno natural de rango extraordinario” (Ayala Carcedo, Olcina Cantos, Lain Huerta, & González Jiménez, 2006).

Keller y Carcedo de manera simple definen que los fenómenos o procesos naturales son preexistentes y que el hombre es la variable detonante cuando este fenómeno afecta su integridad.

Mientras que para Calderon (2001) Cardona, el riesgo no sólo depende de la posibilidad que se presenten eventos o fenómenos naturales intensos, sino también de las condiciones de vulnerabilidad que favorecen o facilitan que se desencadenen desastres cuando se presentan dichos fenómenos.

### **3.4 Desastre**

Kreps (1995) lo define como un evento concentrado en tiempo y espacio, en donde una sociedad o alguna de sus subdivisiones experimentan un daño físico o quebranto social tal, que son deterioradas todas o algunas de las funciones esenciales de la sociedad.

Por lo que Macías (2005) plantea que el desastre es un fenómeno social complejo. Calderón (2001) define a los desastres naturales son comunes en la mayoría de las sociedades, y sus efectos son absorbidos rápidamente con avances tecnológicos.

En el marco institucional el CENAPRED postula que el desastre es un evento destructivo que afecta significativamente a la población, en su vida o en sus fuentes de sustento y funcionamiento (SEGOB-CENAPRED-SINAPROCFONDEN, 2001). “Es el efecto de un riesgo en la sociedad, normalmente en forma de un suceso que ocurre en un periodo de tiempo limitado. Dicho término es utilizado cuando existe una interacción entre los seres humanos y un proceso natural tiene como resultado un daño considerable (propiedad y daños o pérdidas humanas). Una catástrofe, dicho sencillamente, es un desastre masivo que requiere un gasto considerable de tiempo y dinero para la recuperación” (H. Blodgett & A. Keller, 2006).

### 3.5 Peligro

De acuerdo con el sistema meteorológico nacional el concepto de amenaza o peligro lo define como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino en un lapso de tiempo determinado. El potencial de peligro se mide con su intensidad y periodo de retorno.

El peligro de acuerdo con Smith (1992) es el resultado de los conflictos de los procesos geofísicos con la gente, mientras que para Maskrey (1993) define a la amenaza o el peligro como fenómeno o evento que tiene peligro potencial para una población.

Por otra parte Cardona (2002) puntualiza que peligro es sinónimo de amenaza, y dice que es un proceso o fenómeno de carácter natural o tecnológico que puede originar daños a la población, los bienes materiales o el medio ambiente natural.

En cuanto a las instituciones como la UNDRO la cual considera que el peligro es la probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente desastroso, durante cierto periodo de tiempo, en un sitio determinado (UNDRO, 1979) y en cuanto a la CENAPRED el peligro es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino, de cierta intensidad, durante un cierto periodo de tiempo y en un sitio dado, e involucra medir el fenómeno (magnitud, intensidad, periodo de retorno, tasa de excedencia) (CENAPRED, 2004).

De acuerdo con las Naciones Unidas (1984) la conceptualización de peligro o amenaza la refiere como la probabilidad de que se produzca, dentro de un periodo determinado y dentro de una zona determinada, un fenómeno natural potencialmente dañino.

Es el potencial de existencia u ocurrencia de un suceso severo, cuya evaluación requiere un pronóstico de corto plazo a través de la interpretación de señales, en el mediano plazo, mediante un análisis probabilístico de los indicadores de ocurrencia. En el largo plazo, la amenaza se evalúa mediante el estudio del comportamiento físico de la fuente generadora (fenómeno o peligro), en un periodo y territorio específico, se utiliza información de eventos del pasado. También pueden hacerse modelos de impacto de posibles amenazas con base en la determinación del suceso máximo probable durante un periodo de tiempo en una zona afectable, de aquellos sistemas urbanos involucrados (SEGOBCENAPRED-SINAPROC-FONDEN, 2001).

### **3.6 Peligrosidad**

En cuanto a la peligrosidad Cooper, siendo un término de mayor aceptación, postula a la peligrosidad como el grado relativo de probabilidad de que ocurra un evento amenazador o peligro. Depende del tipo, magnitud, ocurrencia y correlación entre los fenómenos naturales sobre los elementos humanos (Cooper, 1985 citado por Maskrey, 1993).

### **3.7 Vulnerabilidad**

La vulnerabilidad para las instituciones gubernamentales consideran que son condiciones de inequidad que predisponen a una comunidad o grupo de individuos a sufrir un daño diferencial y acumulado por sus condiciones (de género, sociales, económicas, físicas, ambientales, políticas, ideológicas, técnicas, institucionales, culturales, entre otras) y por exponerse ante una amenaza que pueda generar un desastre (SEGOB-CENAPRED-SINAPROC-FONDEN, 2001).

Por otro lado la UNDRR (1999) lo puntualiza como el grado de pérdida de un elemento un grupo de elementos bajo riesgo, resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso, expresada en una escala de 0 sin daño, 1 pérdida total.

La vulnerabilidad se refiere a la exposición a un daño físico o moral ante un posible peligro para una sociedad consideran como el grado en que una comunidad está en riesgo ante la ocurrencia de un fenómeno natural extremo, donde los factores socioeconómicos y políticos pueden afectar la capacidad para absorber y recuperarse (Westgate & O'Keefe, 1976).

Cardona (2001) asigna otro termino para la vulnerabilidad, argumenta que está íntimamente ligada a los procesos sociales que se desarrollan en las áreas propensas y usualmente tiene que ver con la fragilidad, la susceptibilidad o la falta de resiliencia de la población ante amenazas de diferente índole. En otras palabras, los desastres son eventos socioambientales cuya materialización es el resultado de la construcción social del riesgo (Cardona, 2007) en tanto que para Wisner (2014) se refiere a las características de una persona o un grupo y su situación, que influyen en la capacidad para anticiparse, enfrentarse, resistirse y recuperarse del impacto de un peligro natural. Habilidad de un grupo o casas para resistir los efectos de un peligro y rápida recuperación.

“Es la incapacidad de una comunidad para absorber, mediante el autoajuste, o incapacidad para adaptarse a ese cambio, que constituye un riesgo.” (Maskrey, 1993).

Enfocando el término de Vulnerabilidad a otras ciencias fuera de las ciencias geográficas, Cutter (1996) realiza una aportación de la vulnerabilidad definiéndola como la posibilidad de pérdida, la cual varía en tiempo y espacio. Debe incluir la identificación de condiciones que hacen vulnerable a la población o lugares a eventos naturales, es decir, un modelo de exposición que es una condición social, una medida de la resiliencia a un peligro. Entrando en diversos contextos como la ingeniería: la vulnerabilidad se refiere a la

incapacidad de resistencia de los materiales que constituyen las construcciones (puentes, casas, edificaciones, etc.); y el social y económico: serie de condiciones que afectan a la capacidad de una población para responder ante un peligro o bien, la propensión de la sociedad para experimentar un daño(s) sustancial(es) que resultan de un peligro

En lo que concierne la vulnerabilidad, por medio de los autores, se entiende como la exposición que tiene la sociedad ante un daño físico que produce un fenómeno natural, dando una idea de fragilidad en la cual se encuentra la sociedad. Más aparte la capacidad de resiliencia que tiene dicha sociedad para recuperarse del daño producido por el evento..

### **3.8 Fenómenos Hidrometeorológicos**

Son los que se generan por la acción violenta de los fenómenos atmosféricos, siguiendo los procesos de la climatología y del ciclo hidrológico.

Estos fenómenos paradójicamente son adversos y benéficos a la vez para la humanidad. En zonas costeras llegan a ser extremadamente destructivos y en otras zonas son benéficos ya que la lluvia favorece la recarga de presas, mantos freáticos, acelerando la actividad agrícola y ganadera, mitigando los incendios de pastizales y forestales. (Proteccion Civil de Guanajuato, consultado en Junio de 2015 de <http://proteccioncivil.guanajuato.gob.mx/> )

### **3.9 Inundaciones**

Desde la perspectiva del riesgo, nivel elevado de agua en un arroyo, lago u océano que puede dañar instalaciones humanas.

Como proceso natural, flujo de desbordamiento que puede construir una llanura de inundación adyacente al cauce de un arroyo o nivel de agua superior al normal a lo largo de una costa que se extiende tierra adentro más allá de la playa. (H. Blodgett & A. Keller, 2006)

Evento que debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla en alguna estructura hidráulica, provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no lo hay, generalmente, daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura. (CENAPRED, 2013)

1. Desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o cualquier masa de agua.
2. Acumulación de agua procedente de drenajes en zonas que normalmente no se encuentran anegadas.
3. Encharcamiento controlado para riego. (UNESCO ; OMM;, 2012)

Cuando el agua cubre una zona del terreno durante un cierto tiempo se forma una inundación. Cuanto más tiempo permanece el agua y más grande es el espesor del volumen de agua, causa mayores daños.

Las inundaciones pueden ocurrir por lluvias en la región, por desbordamiento de ríos, ascenso del nivel medio del mar, por la rotura de bordos, diques y presas, o bien, por las descargas de agua de los embalses. (CENAPRED, 2001)

Las inundaciones se encuentran dentro de la clasificación de fenómenos hidrometeorológicos y que su origen se relaciona por la deficiente ocupación del territorio, por procesos climáticos, deforestación en las secciones altas y medias cuencas. Esta problemática es favorecida por el aumento del coeficiente del escurrimiento debido a la

pavimentación, lo que reduce la capacidad de desalojo de los sistemas de colectores de drenaje pluvial.

Como otra definición se entiende por inundación el cubrimiento temporal accidental del suelo por agua, a consecuencia de desviación, desbordamiento o rotura de los muros de contención de ríos, canales, lagos, presas, estanques y demás depósitos o corrientes de agua a cielo abierto, naturales o artificiales.

### **3.10 Clasificación de las inundaciones**

Las clasificaciones más comunes obedecen a su origen, o bien, al tiempo que tardan en presentarse sus efectos.

#### **3.10.1 De acuerdo con su origen**

En este punto se trata de identificar la causa de la inundación. Los principales tipos son:

##### *3.10.1.1 Inundaciones pluviales*

Son consecuencia de la precipitación, se presentan cuando el terreno se ha saturado y el agua de lluvia excedente comienza a acumularse, pudiendo permanecer horas o días. Su principal característica es que el agua acumulada es agua precipitada sobre esa zona y no la que viene de alguna otra parte (por ejemplo de la parte alta de la cuenca).

### *3.10.1.2 Inundaciones fluviales*

Se generan cuando el agua que se desborda de los ríos queda sobre la superficie de terreno cercano a ellos (Ver Figura 5). A diferencia de las pluviales, en este tipo de inundaciones el agua que se desborda sobre los terrenos adyacentes corresponde a precipitaciones registradas en cualquier parte de la cuenca tributaria y no necesariamente a lluvia sobre la zona afectada.



Figura. 5 Desbordamiento del río en Acapulco, Guerrero en 2013.

Fuente: Tomada de el Universal <http://archivo.eluniversal.com.mx/estados/2013/epn-sobrevuela-zonas-afectadas-en-acapulco--951125.html>

Es importante observar que el volumen que escurre sobre el terreno a través de los cauces, se va incrementando con el área de aportación de la cuenca, por lo que las inundaciones fluviales más importantes se darán en los ríos con más desarrollo (longitud) o que lleguen hasta las planicies costeras.

### 3.10.1.3 Inundaciones costeras

Se presentan cuando el nivel medio del mar asciende debido a la marea y permite que éste penetre tierra adentro, en las zonas costeras, generando el cubrimiento de grandes extensiones de terreno (Ver Figura 6).

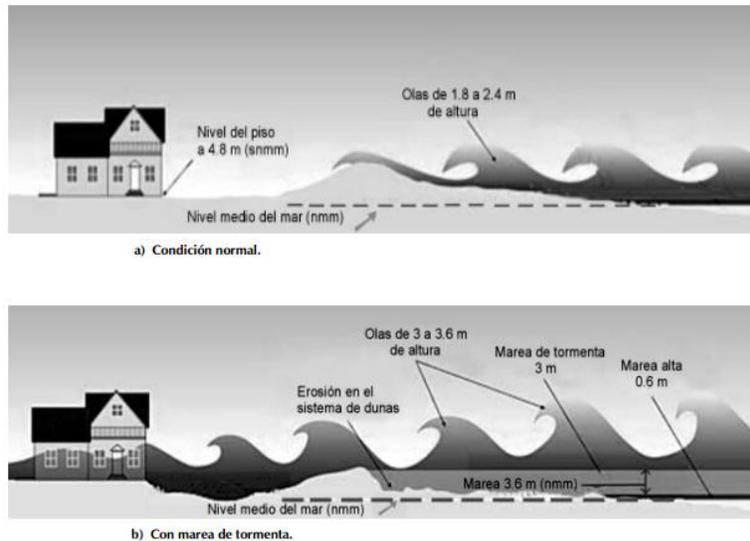


Figura. 6 Efecto del incremento del nivel medio del mar (Jiménez, 2003)

### 3.10.1.4 Inundaciones por falla de infraestructura hidráulica

Existe una causa que puede generar una inundación, aún más grave que las antes mencionadas: si la capacidad de las obras destinadas para protección es insuficiente, la inundación provocada por la falla de dicha infraestructura será mayor que si no existieran obras.

Eventualmente, dichas obras pueden presentar fallas en su funcionamiento hidráulico debido a diferentes factores (Ver Figura 8):

1. Diseño Escaso
2. Mala Operación

### 3. Falta de mantenimiento o término de la vida útil de la obra



Figura. 7 Rompimiento de una presa por mala Operación  
Fuente: Tomado de <https://www.youtube.com/watch?v=3HMxiB1cnug>).

#### **3.10.2 Clasificación de las inundaciones por el tiempo de respuesta de la cuenca**

La respuesta hidrológica de una cuenca depende de sus características fisiográficas. Básicamente se han definido dos grupos: inundaciones lentas e inundaciones rápidas. Lo anterior significa que en cuencas cuya respuesta hidrológica es lenta se generan avenidas en un tiempo relativamente largo (del orden de varias horas o días); en ellas ocurren principalmente daños materiales. Mientras que cuando la inundación se forma en poco tiempo (desde unos cuantos minutos, hasta un par de horas) se llama inundación súbita, causando, principalmente, la pérdida de vidas humanas en zonas pobladas.

##### *3.10.2.1 Inundaciones Lentas*

Al ocurrir una precipitación capaz de saturar el terreno, esto es, cuando el suelo no puede seguir absorbiendo más agua de lluvia, el volumen remanente escurre por los ríos y arroyos o sobre el terreno. Conforme el escurrimiento avanza hacia la salida de la cuenca, se incrementa proporcionalmente con el área drenada, si el volumen que fluye por el cauce

excede la capacidad de éste, se presentan desbordamientos sobre sus márgenes y el agua desalojada puede permanecer horas o días sobre el terreno inundado.

Este efecto se presenta comúnmente en zonas donde la pendiente del cauce es pequeña y, por ende, la capacidad de los ríos disminuye considerablemente provocando desbordamientos que generan inundaciones en las partes aledañas.

### *3.10.2.2 Inundaciones súbitas*

Las inundaciones súbitas son el resultado de lluvias repentinas e intensas que ocurren en áreas específicas. Pueden ocasionar que pequeñas corrientes se transformen, en cuestión de minutos, en violentos torrentes capaces de causar grandes daños.

Las zonas urbanas son usualmente sitios donde se presenta este tipo de avenidas, como consecuencia de la “cubierta impermeable” formada artificialmente por los edificios y calles, así como por la deforestación. Debido a ello, el agua no puede infiltrarse y prácticamente todo el volumen precipitado se convierte en escurrimiento.

Así, donde antes una tormenta humedecía la tierra y regaba la hierba y los árboles, ahora bastan unos cuantos minutos para generar una avenida que arrastra todo lo que encuentra a su paso (Ver Figura 8).

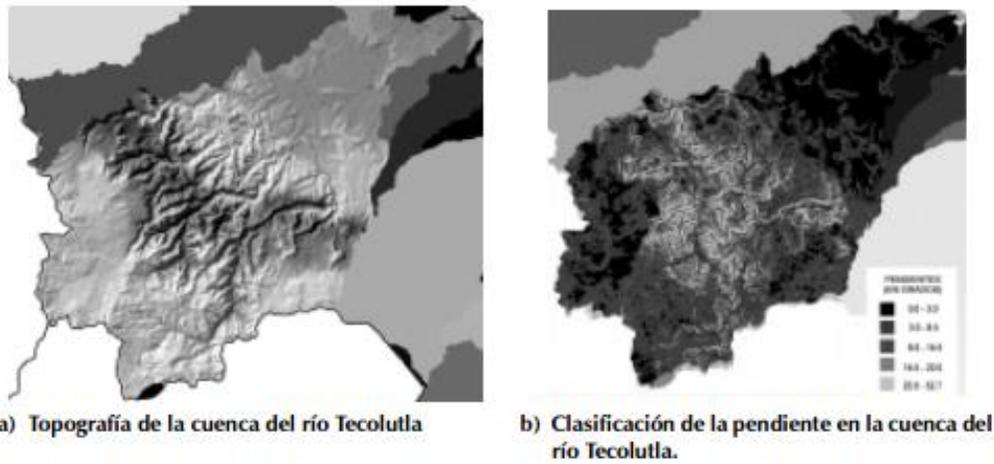


Figura. 8 Relación entre la disminución de la pendiente de los cauces y los problemas de inundaciones.

Fuente: CENAPRED

### 3.10.3 Riesgo por inundaciones

Para estimar el riesgo por inundaciones en una determinada zona, es necesario contar con información referente a dos componentes básicos, el peligro y la vulnerabilidad.

Un mapa de riesgo es la representación gráfica de los potenciales daños en un sitio (ciudad, localidad, vía de comunicación, etc.), generados por algún fenómeno natural o antropogénico (inundación, sismo, explosión de material químico, etc.) que lo afecte. (CENAPRED, 2013)

### 3.11 Crecida

1) Elevación, generalmente rápida, del nivel de agua de un curso, hasta un máximo a partir del cual dicho nivel desciende a una velocidad menor.

2) Flujo relativamente alto medido como nivel o caudal (obid,2012, pág. 124)

### **3.12 Zona inundada**

Zona cubierta de agua cuando el caudal excede la capacidad del cauce, o como consecuencia del represamiento del río aguas abajo (RT). (2012, pág. 126)

### **3.13 Llanura de inundación**

Terreno adyacente a una corriente de agua que se inunda sólo cuando el caudal es mayor que la capacidad máxima del cauce. (2012, pág. 127)

### **3.14 Cuenca**

Para Muñoz (S/f), la cuenca es una unidad del territorio en donde funciona la combinación de un subsistema hídrico que produce agua, simultáneamente con los subsistemas ecológico, económico, social y político.

Por ello, es importante conocer los procesos físicos de generación y circulación por las que pasa el agua dentro de una cuenca. De acuerdo con Llerena (2003), “el concepto de cuenca como unidad territorial natural es el más importante ya que a partir de esta apreciación se puede comprender que únicamente en la cuenca hidrográfica es posible realizar balances hídricos. Es decir, cuantificar la oferta de agua que “produce” la cuenca durante el ciclo hidrológico. Es por sus cualidades de unidad hidrológica y de medio colector-almacenador-integrador de los procesos naturales y antrópicos que ocurren en la cuenca, que esta puede ser también una unidad política, administrativa, de gestión ambiental o de manejo de los diversos recursos naturales que alberga”.

Muchas veces hay cierta confusión cuando se utilizan los términos de Cuenca Hidrológica y Cuenca Hidrográfica, por ello, coincidimos con Carabias y Landa (2005) en la aclaración de que:

1. **Cuenca Hidrográfica**, se refiere a la definición geográfica de la misma, es el contorno o límite de la misma que drena agua en un punto en común.

Es el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un río principal, a un río muy grande, a un lago o a un mar.

Es el Espacio geográfico donde fluye un canal o cauce principal y que es delimitado por una línea divisoria de aguas.

2. **Cuenca Hidrológica**, se suele entender como una unidad para la gestión que se realiza dentro de la cuenca hidrográfica.

Cuando el relieve y fisiografía, tienen una forma y simetría diferente a la configuración geológica de la cuenca, se puede decir que existe una cuenca subterránea, que cambia la dirección del flujo subsuperficial para alimentar a otra cuenca hidrográfica. A ésta configuración se denomina cuenca hidrológica, la cual adquiere importancia cuando se tenga que realizar el balance hidrológico.

Una cuenca es un sistema. Es el terreno de dónde el agua, sedimentos y materiales disueltos drenan a un punto en común a lo largo de un arroyo, humedal, lago o río.

Una cuenca incluye ecosistemas terrestres (selvas, bosques, matorrales, pastizales, manglares, entre otros) y ecosistemas acuáticos (ríos, lagos, humedales, etc.), y sus límites se establecen por el parteaguas desde donde escurre el agua que se precipita en el territorio delimitado por éste, hasta un punto de salida". En la cuenca hidrográfica, se distinguen por lo general tres sectores característicos: Alto, Medio y Bajo, los cuales en función a las

características topográficas del medio pueden influir en sus procesos hidrometeorológicos y en el uso de sus recursos (Llerena, 2003).

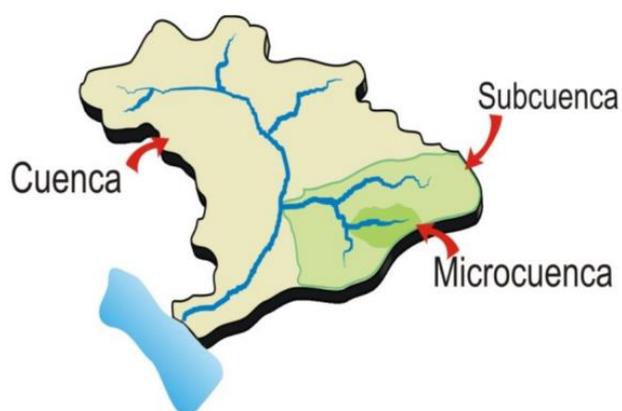
Arreola Muñoz (s/f), establece que “las cuencas tienen un funcionamiento territorial altitudinal ya que implica la relación directa entre las partes altas, cercanas al parteaguas, la zona de tránsito o intermedia y la parte baja de deposición y desembocadura, de tal forma que la parte alta afecta de manera determinante a la parte baja (Ver Figura 9).

### 3.14.1 Subcuenca

Conjunto de microcuencas que drenan a un solo cauce con caudal fluctuante pero permanente.

### 3.14.2 Microcuenca

Una microcuenca es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una Subcuenca; es decir, que una Subcuenca está dividida en varias microcuencas.



*Figura. 9 Tipos de Cuencas*

*Fuente: Tomado de Ordoñez Galvan, Juan Julio, Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral del Recurso Hídrico, Lima, Perú.*

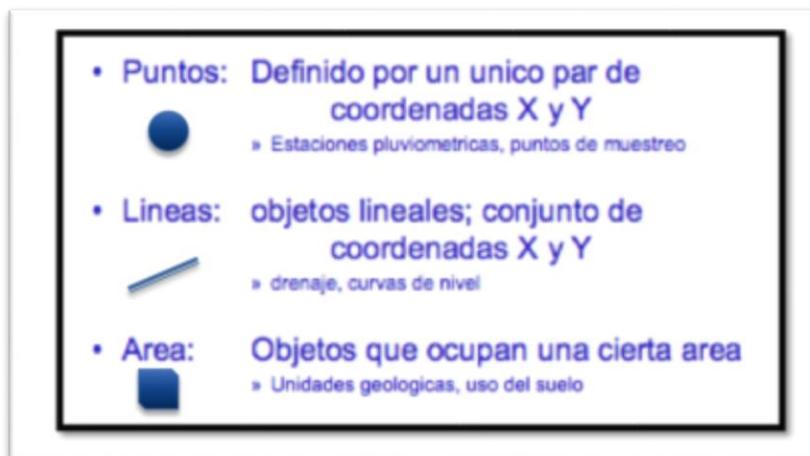
### 3.15 Sistemas de Información Geográfica

El desarrollo de la información sobre todo en los sistemas de información geográfica ha impulsado muy significativamente las herramientas y métodos para el análisis y representación del territorio. Estos avances han aumentado la generación de datos con referencia espacial, es por esto que se han transformado en herramientas necesarias para la planificación y gestión del territorio, su potencialidad no reside en almacenar la información para graficar mapas, por el contrario, su mayor riqueza reside en la asistencia para la interpretación y análisis de relaciones, patrones y tendencias que no son posibles de ver con los mapas tradicionales, inventarios o gráficos. Mediante estas herramientas es posible modelar escenarios para probar diversas hipótesis de intervención urbanística y ver los resultados gráficamente.

El término de Sistemas de Información Geográfica tiene una amplia gama de definiciones por lo que solo se presentan algunas, de las cuales destacan:

- Un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión ((National Center for Geographic Information and Analysis ( NCGIA), 1990).
- Un sistema computarizado por hardware, software, datos y aplicaciones, que es usado para registrar digitalmente, editar, modelizar y analizar datos espaciales y presentarlos en forma alfanumérica y gráfica (Hewlett Packard, 1993).
- Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés) es una integración organizada de hardware, software, datos geográficos y personal, diseñada para capturar, almacenar, manejar, analizar, modelar y representar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. (Gutierrez Puebla & Gould, 1994)

La característica principal de los SIG es el manejo de datos complejos basados en datos geométricos (coordenadas e información topológica) y datos de atributos (información nominal) la cual describe las propiedades de los objetos geométricos tales como punto, líneas y polígonos (Ver Figura. 10)



*Figura. 10 Representación de Objetos Geográficos  
Elaboración Propia*

### 3.15.1 Formatos de Almacenamiento de Datos Espaciales

El objeto con el que se trabaja puede ser de dos tipos de formatos (Ver Figura 11.) raster (archivo de imagen) y vectorial (cobertura).



**RASTER**

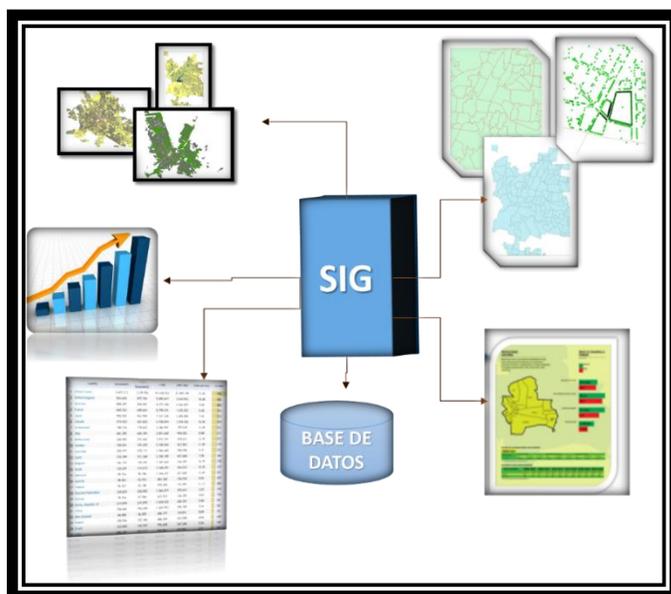


**VECTORIAL**

*Figura. 11 Formatos de Almacenamiento de Datos Espaciales  
Elaboración propia*

Generalmente en un SIG: la consulta, el despliegue de un mapa, el reporte tabular y el gráfico, no es el resultado final. En su amplio abanico de aplicaciones los SIG tienen como un fuerte interés de analizar la información espacial y modelar los procesos dinámicos que generan y conforman la información almacenada en una base de datos.

Con frecuencia los usuarios quieren analizar situaciones, hacer inferencias o simular procesar, con el fin de tomar decisiones (Ver Figura. 12).



*Figura. 12 Aplicaciones de un SIG  
Elaboración Propia*

### 3.15.2 Componentes de Un SIG

Los datos geográficos no son los únicos componentes de un SIG como se puede observar en la Figura 13.



*Figura. 13 Componentes de un SIG  
Elaboración Propia*

Un Sistema de Información Geográfica está compuesto por los siguientes elementos:

**Software:** Es necesaria una aplicación informática que pueda trabajar con los datos implemente los métodos.

**Hardware :** El equipo necesario para ejecutar el software

**Datos:** Los datos son la materia prima necesaria para el trabajo en un SIG, y los que contienen la información geográfica vital para la propia existencia de los SIG

**Recursos humanos:** Las personas son las encargadas de diseñar y utilizar el software, siendo el motor del sistema SIG.

### 3.16 Visualizador

La información geográfica es de gran utilidad en los diferentes ámbitos en aspectos relacionados con enseñanza, tributación, vivienda, ordenación del territorio, medio ambiente y otros así como en los ámbitos municipales donde su utilización está íntimamente ligada con la gestión del territorio, el urbanismo, el catastro y los servicios territoriales que estos prestan a los ciudadanos.

Gracias a las geotecnologías, es decir aquéllas relacionadas con el manejo de datos espaciales georreferenciados, que han tenido un importante desarrollo y aceptación entre los medios administrativos y académicos, ya que permiten un fácil y rápido manejo de grandes cantidades de información que facilitan la toma de decisiones.

Un visualizador geográfico es una aplicación que permite navegar sobre datos continuos y tridimensionales de territorio, como pueden ser imágenes de satélite, ortofotos, mapas vectoriales entre otros estructurados según un Catálogo, y permite también mostrar información espacial como por ejemplo fotografías, comentarios videos, audio y más. (Carbajo Ruiz, S/F)

La información espacial sirve de interfaz para la información no espacial de manera que podemos ver información geográfica y al mismo tiempo observamos la información asociada a los elementos espaciales ya sean vectoriales o raster. La base de datos del visualizador está estructurada en capas temáticas, que son accesibles mediante un sistema de selección de vistas.

# **CAPÍTULO 4. CARACTERIZACIÓN DE LA SUBCUENCA RIO TEJALPA**

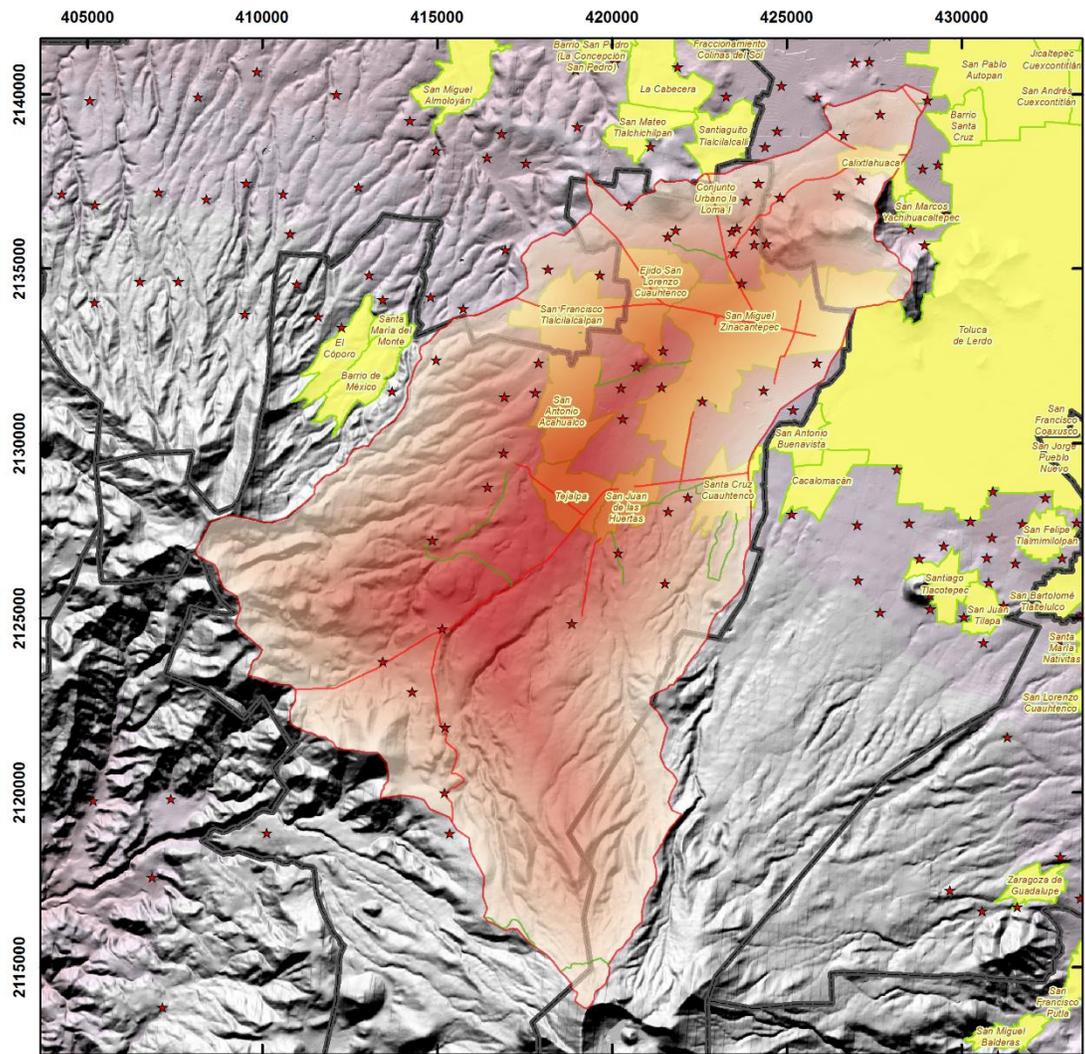
## **4.1. Delimitación de la Zona de Estudio**

La subcuenca Tejalpa, limita al Norte con el municipio de Almoloya de Juárez, al Sur con Coatepec Harinas y Villa Guerrero, al Este con Toluca, Tenango del Valle y Calimaya y al Oeste con Temascaltepec y Amanalco.

El parteaguas de la subcuenca Tejalpa es el Nevado de Toluca considerando una altura de 4,500 msnm (metros sobre el nivel del mar), la subcuenca adquiere forma a los 4,100 msnm ,donde se le conoce como Arroyo Torrentillas, descendiendo desde una altitud en torno a los 4,100 msnm, en dirección Norte, a aproximadamente 14 Km. aguas abajo de su nacimiento.

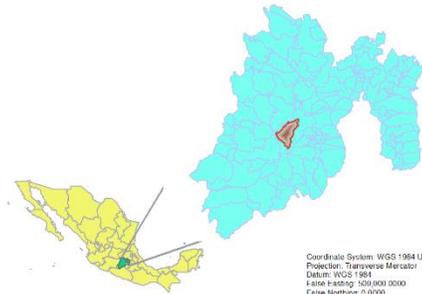
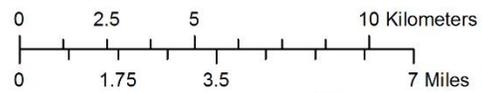
La Subcuenca del Río Tejalpa cuenta con un área de 263.267068 km<sup>2</sup>, mientras que su perímetro tiene un valor de 101.546634 km<sup>2</sup>. La pendiente con la que se cuenta en la subcuenca es equivalente a 10.543064 km<sup>2</sup>.

El caudal experimenta un incremento gracias a los aportes del Arroyo La Fábrica que desemboca por el margen izquierdo a la altura de San Juan de las Huertas, en donde el Arroyo Torrentillas cambia de nombre y es reconocido geográficamente como Arroyo Tejalpa, su dirección va hasta los poblados de San Cristóbal Tecolotitlan, San Miguel Zinacantepec y San Luis Mextepec siguiendo el arroyo hasta San Francisco Tlalcilalcalpan, donde comienza a tomar dirección hacia el Oeste pasando por Calixtlahuaca, San Diego Linares y Jicaltepec, desembocando así finalmente en el Río Lerma. De acuerdo a la clasificación hecha por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, la Subcuenca Tejalpa recibe la clave de RH12Aj.



**Simbología**

- ★ Localidades Rurales
- Pavimentada
- Terracería
- Limite de la Subcuenca del Río Tejalpa
- Municipios
- Localidades urbanas



Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 14N  
 Projection: Transverse Mercator  
 Datum: WGS 1984  
 False Easting: 500000.0000  
 False Northing: 0.0000  
 Central Meridian: -99.0000  
 Scale Factor: 0.9996  
 Latitude Of Origin: 0.0000  
 Units: Meter

*Figura. 14 Localización de la Subcuenca del Río Tejalpa.*

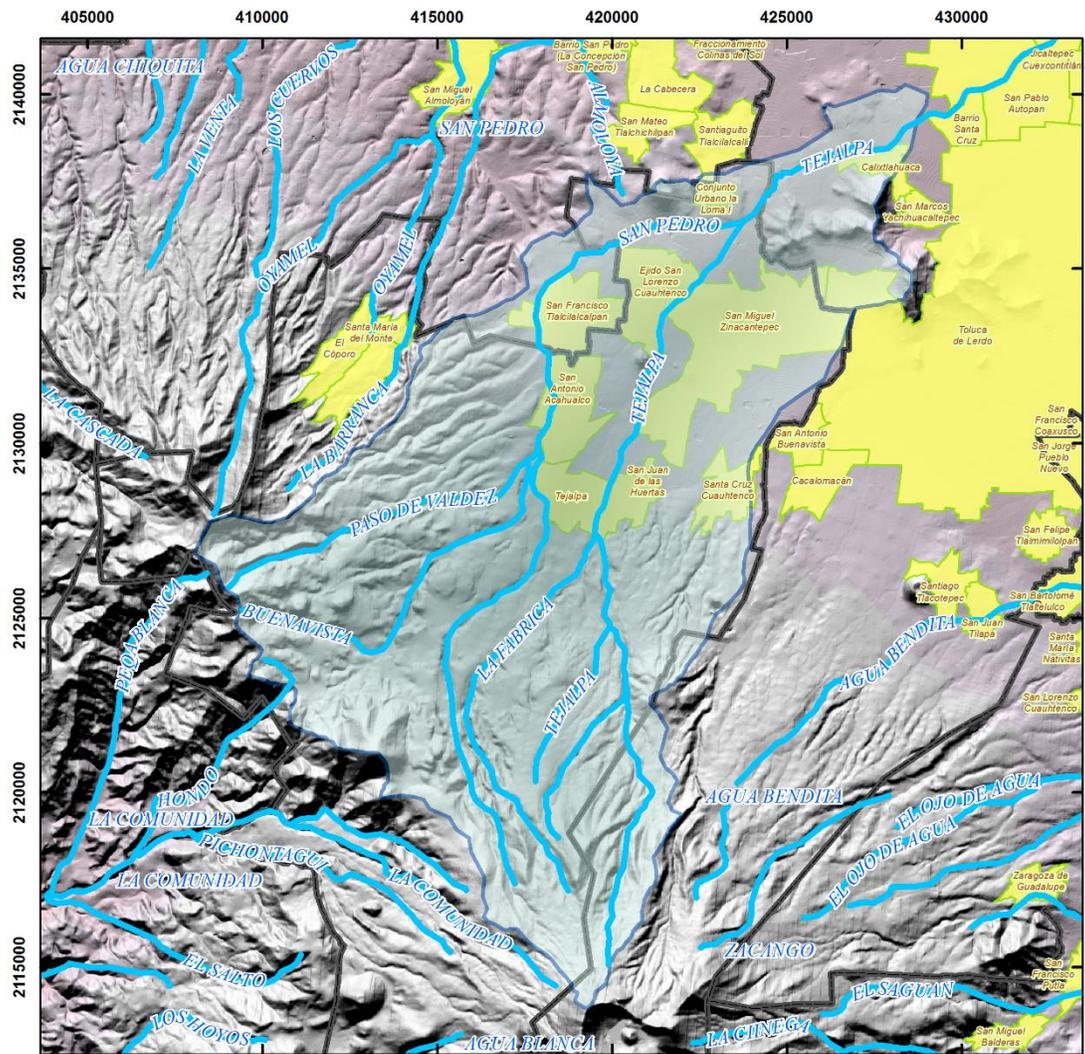
Elaboración Propia

## **4.2 Descripción del espacio hidrológico de la cuenca**

La Cuenca Tejalpa fue reglamentada en la década 1930 en donde está se comprende como el Río Tejalpa y sus afluentes, dónde se conforman y se especifican las interacciones de los espacios de Aguas arriba y Aguas abajo, como derivadores multipresas y como formadoras de canales de riego.

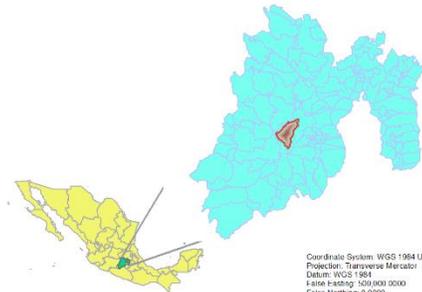
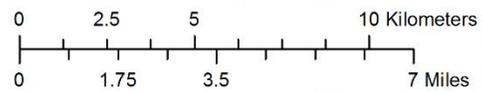
El Río Tejalpa es el principal escurrimiento de esta subcuenca, el cual se convirtió en un colector de aguas negras de los municipios por los que atraviesa; otros arroyos de la cual se conforma la subcuenca del río Tejalpa son: Arroyo La Fábrica, Arroyo La Hortaliza, Arroyo La Garrapata, Arroyo Buenavista, Arroyo La Ciervita (San Antonio Acahualco) y el Arroyo Paso de Vázquez.

Las comunidades cuentan con bordos, de este modo pueden almacenar el agua y algunas presas que se incorporan a canales de tandeo en ciclos de 28 días.



**Simbología**

-  Ríos
-  Limite de la Subcuenca del Río Tejalpa
-  Municipios
-  Localidades urbanas



Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 14N  
 Projection: Transverse Mercator  
 Datum: WGS 1984  
 False Easting: 500000.0000  
 False Northing: 0.0000  
 Central Meridian: -99.0000  
 Scale Factor: 0.9996  
 Latitude Of Origin: 0.0000  
 Units: Meter

*Figura. 15 Hidrología de la Subcuenca del Río Tejalpa.  
 Elaboración Pronia*

### **4.3 Topografía y Geomorfología de la Subcuenca**

El territorio que conforman los municipios de Almoloya de Juárez, Toluca y Zinacantepec forma parte de la Faja Volcánica Transmexicana, situándose a diferentes niveles que van desde los 4,300 hasta los 2,600 msnm aproximadamente; por lo que el terreno se constituye por elevaciones y zonas accidentadas que descienden hacia las partes planas. De forma que en el territorio de Almoloya de Juárez se sitúan al norte la Sierra de Ocoyotepec a 2,538 msnm y al suroeste el Nevado de Toluca a 2,900 msnm con pendientes entre 8 y 15% respectivamente; al oeste está el Cerro del Ojo de Agua y al este y noreste el cerro Calvario de San Miguel a 3,600 msnm y a su vez se van encontrando terrenos más planos que forma parte del Valle de Ixtlahuaca.

Por su parte en el territorio de Zinacantepec se sitúan al sur el Nevado de Toluca a 4,680 msnm y el volcán Gordo a 3,700 msnm; al este se localizan el cerro la Calera, el cerro Jabalí a 3,400 msnm, el cerro Calvario y el cerro San Antonio a 3,600 msnm y en el noreste se encuentran el cerro Molcajete a 2,900 msnm y los cerros el Murciélago y San Lorenzo Cuauhtenco ambos a 2,800 msnm; asimismo corresponden a las planicies la Cabecera Municipal, San Antonio Acahualco, San Cristóbal y San Luis Mextepec, con pendientes de 0 a 6%; mientras que las localidades de Santa Cruz Cuauhtenco, La Huerta, San Juan de las Huertas, Ojo de Agua y San Pedro Tejalpa, se encuentran sobre planicies accidentadas, con pendientes de 1% a 10%. Mientras que para los terrenos del Valle de Toluca se incluyen al norte y sur el Nevado de Toluca a 4,560 msnm, el Cerro del Perico a 2,720 msnm en San Pablo Autopan; el Cerro San Marcos a 2,920 msnm en San Marcos Yachihuacaltepec; el Cerro Agua Bendita a 2,920 msnm, El Cerrillo a 2,650 msnm ambos en San Pedro Totoltepec y los Cerros de En Medio, Las Canoas a 2,700 msnm y finalmente en la Cabecera Municipal, San Mateo y Tlacotepec están el Cerro La Teresona a 3,030 msnm, El Coatepec a 2,750 msnm y el Cerro Tlacotepec a 2,890 msnm.

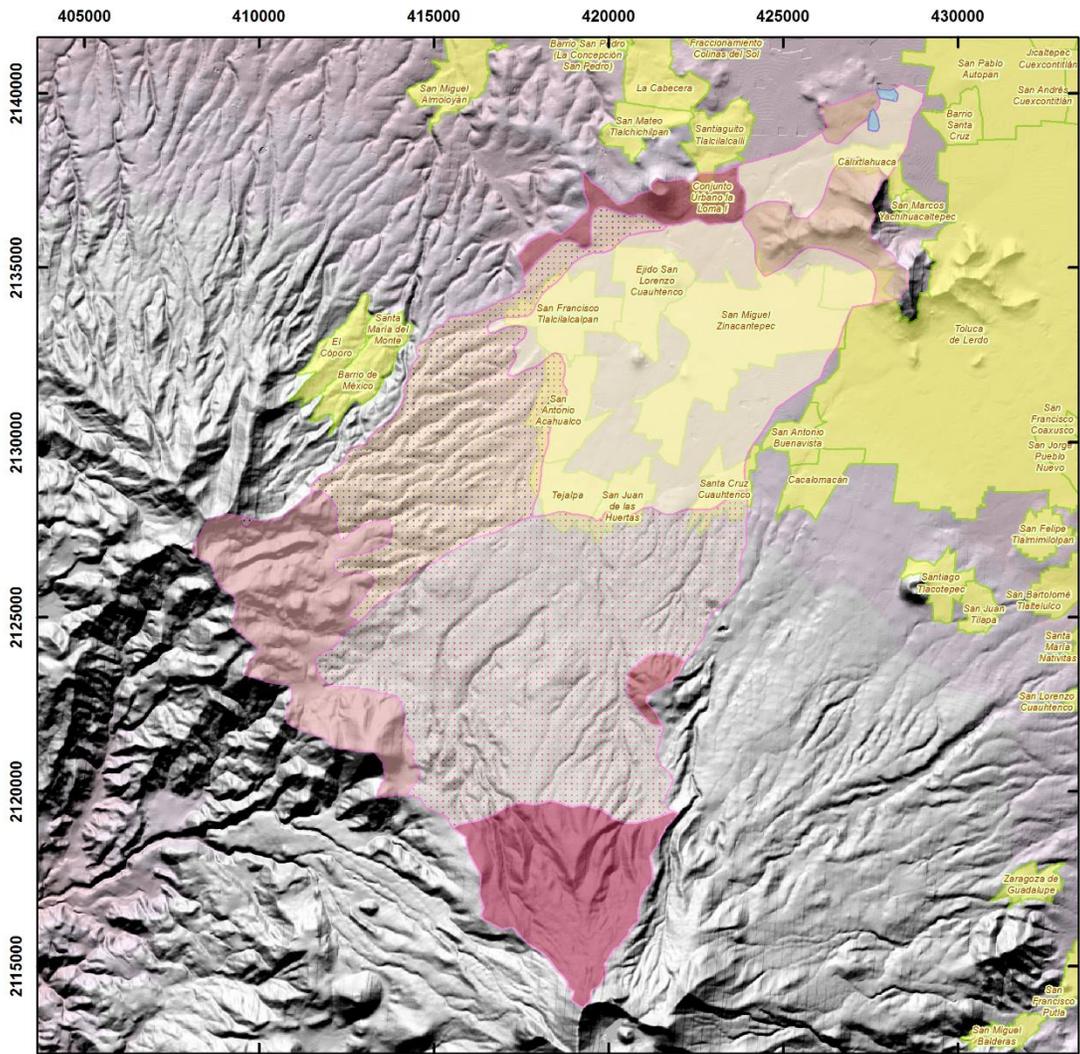
## 4.4 Litología

El Instituto Nacional de Estadística, Geografía dispone de un Sistema de Información Geográfica que ha venido desarrollando en cuatro subsistemas, los cuales reúnen información sobre condiciones físicas, recursos naturales, asentamientos humanos y actividades económicas. El subsistema de condiciones físicas cuenta con información actualizada sobre aspectos topográficos como las medidas y configuración del terreno, curso de los ríos, forma y altura de las montañas y obras realizadas por el hombre, geodésicos, medidas del planeta como apoyo a la topografía y climáticos. El subsistema de recursos naturales proporciona información acerca de la localización y magnitud de los recursos geológicos e hidrológicos, el uso actual del suelo y los tipos de vegetación del país, así como sobre las características morfológicas, físicas y químicas de los suelos. El subsistema de asentamientos humanos proporciona información relativa a la población de zonas urbanas, a través de las cartas de uso del suelo urbano, aptitud del suelo urbano, cédulas de información, fotomosaicos, etcétera. El subsistema de actividades económicas cuenta con información básica para el desarrollo de actividades humanas, en sus aspectos económico y social.

La geología forma parte del subsistema de recursos naturales, y su campo específico es la ubicación de fenómenos geológicos en la superficie continental, es decir, los afloramientos o manifestaciones de roca y sus estructuras, las concentraciones minerales y, en general, las relaciones entre todos los elementos superficiales de carácter geológico. Todos los rasgos que aparecen representados en la carta geológica se derivan de la interpretación de los materiales fotográficos e imágenes obtenidas por diversos tipos de satélites, y de su verificación en el campo.

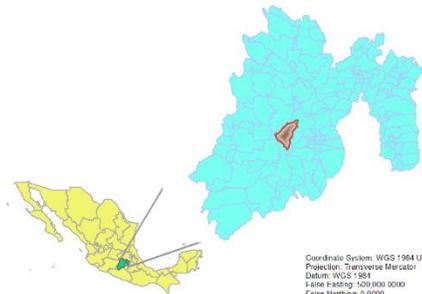
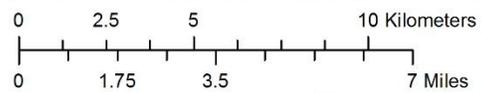
Para nuestra área de estudio subcuenca del río Tejalpa los afloramientos locales son rocas ígneas extrusivas y en las laderas rocas clásticas. En las planicies se encuentran rocas volcanoclásticas, andesita, basalto, brecha volcánica básica y rocas sedimentarias como

aluvial (conjunto de material rocoso depositado por acciones erosivas) en el centro de la subcuenca y arenisca (rocas sedimentarias unidas por la acción de cementante combinadas con toba) en la desembocadura. Se han descubierto sedimentos piroclásticos y rocas epiroclásticas del periodo Plioceno al Holoceno.



**Simbología**

	QhoA-B	Cuaternario Holoceno	Andesita - Basalto
	Qhoal	Cuaternario Holoceno	Aluvial
	QptA-B	Cuaternario Pleistoceno	Andesita - Basalto
	QptLh-TA	Cuaternario Pleistoceno	Lahar - Toba Andesítica
	QpthoDa-A	Cuaternario Holoceno	Dacita - Andesita
	TplA-Da	Neógeno Plioceno	Andecita - Dacita
	TplDa-A	Neógeno Plioceno	Dacita - Andecita
	TplLh-TA	Neógeno Plioceno	Lahar - Toba Andesítica



Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 14N  
 Projection: Transverse Mercator  
 Datum: WGS 1984  
 False Easting: 500000.0000  
 False Northing: 0.0000  
 Central Meridian: -89.0000  
 Scale Factor: 0.9996  
 Latitude Of Origin: 0.0000  
 Units: Meter

*Figura. 16 Litología de la Subcuenca del Río Tejalpa.  
 Elaboración Propia*

## 4.5 Edafología

El suelo, la parte exterior de la corteza terrestre está constituido por una capa de material fragmentario no consolidado; es un sistema complejo que se forma por la interacción continua y simultánea de la materia a partir del cual se origina, del clima, del tipo de vegetación y fauna y de las condiciones particulares del relieve. En México existen 25 de las 30 unidades de suelo reconocidas por la FAO, UNESCO y la ISRIC (SEMARNAT 2005) . En particular para la subcuenca del Río Tejalpa se encuentra los suelos de tipo Andosol, Cambisol, Feozem, Regosol y Vertisol.

**Andosol:** De las palabras japonesas an: oscuro; y do: tierra. Literalmente, tierra negra. Suelos de origen volcánico, constituidos principalmente de ceniza, la cual contiene alto contenido de alófono, que le confiere ligereza y untuosidad al suelo. Son generalmente de colores oscuros y tienen alta capacidad de retención de humedad. En condiciones naturales presentan vegetación de bosque o selva. Tienen generalmente bajos rendimientos agrícolas debido a que retienen considerablemente el fósforo y éste no puede ser absorbido por las plantas. Tienen también uso pecuario especialmente ovino; el uso más favorable para su conservación es el forestal. Son muy susceptibles a la erosión eólica.

**Cambisol:** Del latín cambiare: cambiar. Literalmente, suelo que cambia. Estos suelos son jóvenes, poco desarrollados y se pueden encontrar en cualquier tipo de vegetación o clima excepto en los de zonas áridas. Se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa con terrones que presentan vestigios del tipo de roca subyacente y que además puede tener pequeñas acumulaciones de arcilla, carbonato de calcio, fierro o manganeso. También pertenecen a esta unidad algunos suelos muy delgados que están colocados directamente encima de un tepetate. Son muy abundantes, se destinan a muchos usos y sus rendimientos son variables pues dependen del clima donde se encuentre el suelo. Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión.

**Feozem:** Del griego phaeo: pardo; y del ruso zemljá: tierra. Literalmente, tierra parda. Suelos que se pueden presentar en cualquier tipo de relieve y clima, excepto en regiones tropicales lluviosas o zonas muy desérticas. Es el cuarto tipo de suelo más abundante en el país. Se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes, semejante a las capas superficiales de los Chernozems y los Castañozems, pero sin presentar las capas ricas en cal con las que cuentan estos dos tipos de suelos. Los Feozems son de profundidad muy variable. Cuando son profundos se encuentran generalmente en terrenos planos y se utilizan para la agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres u hortalizas, con rendimientos altos. Los Feozems menos profundos, situados en laderas o pendientes, presentan como principal limitante la roca o alguna cementación muy fuerte en el suelo, tienen rendimientos más bajos y se erosionan con más facilidad, sin embargo, pueden utilizarse para el pastoreo o la ganadería con resultados aceptables. El uso óptimo de estos suelos depende en muchas ocasiones de otras características del terreno y sobretodo de la disponibilidad de agua para riego.

**Regosol:** Del griego reghos: manto, cobija o capa de material suelto que cubre a la roca. Suelos ubicados en muy diversos tipos de clima, vegetación y relieve. Tienen poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí. En general son claros o pobres en materia orgánica, se parecen bastante a la roca que les da origen. En México constituyen el segundo tipo de suelo más importante por su extensión (19.2%). Muchas veces están asociados con Litosoles y con afloramientos de roca o tepetate. Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad. Se incluyen en este grupo los suelos arenosos costeros y que son empleados para el cultivo de coco y sandía con buenos rendimientos. En Jalisco y otros estados del centro se cultivan granos con resultados de moderados a bajos. Para uso forestal y pecuario tienen rendimientos variables.

**Vertisol:** Del latín vertere, voltear. Literalmente, suelo que se revuelve o que se voltea. Suelos de climas templados y cálidos, especialmente de zonas con una marcada estación

seca y otra lluviosa. La vegetación natural va de selvas bajas a pastizales y matorrales. Se caracterizan por su estructura masiva y su alto contenido de arcilla, la cual es expandible en húmedo formando superficies de deslizamiento llamadas facetas, y que por ser colapsables en seco pueden formar grietas en la superficie o a determinada profundidad. Su color más común es el negro o gris oscuro en la zona centro a oriente de México y de color café rojizo hacia el norte del país. Su uso agrícola es muy extenso, variado y productivo. Son muy fértiles pero su dureza dificulta la labranza. Tienen baja susceptibilidad a la erosión y alto riesgo de salinización.



## 4.6 Clima

La Subcuenca del Río Tejalpa ubicada gran parte en el municipio de Zinacantepec, Estado de México, ofrece condiciones de clima templado a semifrío, a excepción de una región muy pequeña que corresponde a la zona del Nevado de Toluca, en las partes altas, donde se presenta un clima frío de altura con condiciones muy bajas de temperatura.

Las características de los climas existentes en la región, según la clasificación climática Köeppen modificada por Enriqueta García son las siguientes:

**C (w2) (w)**, se define como un clima templado subhúmedo con lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal inferior a cinco. Este tipo de clima ocupa más del 90% de la extensión de la Cuenca. La precipitación total anual supera ligeramente los 800 mm de lluvia y la temperatura media anual se encuentra en el rango de 12 a 16 °C, la máxima incidencia de lluvias se presenta en el mes de julio con valores que oscilan entre 150 y 160 mm; el mes más cálido es mayo, con una temperatura entre 14 y 15 °C y el más frío es en el mes de enero, entre 11 y 12 °C; debido a esta oscilación entre el mes más cálido y el mes más frío se considera un clima geotérmico, es decir sin gran variación en cuanto a temperatura.

Este grupo de condiciones atmosféricas caracterizan a las comunidades vegetales como el pastizal en la parte plana y bosques de pino, encino y mixtos en las zonas montañosas. Para el caso de la agricultura, este clima propicia un ciclo agrícola en la época lluviosa del año con deficiencias de humedad en ciertos meses; si se desea establecer un segundo ciclo en la época seca del año, se requerirá necesariamente de riego.

**C(E)(ww2)**, este clima está definido como semifrío con lluvias de verano; se encuentra distribuido en las partes altas de la Cuenca como lo es el Nevado de Toluca, las Sierra de las Cruces, Monte Alto y el Cerro de Jocotitlán. Presenta una precipitación total anual superior a 800 mm., de los cuales aproximadamente 210 caen durante el mes más lluvioso que es

julio, mientras que en el mes de febrero considerado el más seco, la precipitación es regularmente inferior a 10 mm; con respecto a la temperatura media anual ésta oscila entre los 4 y 12 °C, de ahí su denominación de clima semifrío. Se relaciona con vegetación de matorral así como de bosque en su variedad de pino, encino y mixto.

**E(T)H**, esta variedad de clima se hace presente en la Cuenca con una cobertura mínima y concentrada en la parte alta del Nevado de Toluca, se define como un clima frío de altura y marcado invierno, donde la temperatura media anual se encuentra entre  $-2$  y  $5$  °C; la mayor parte de la precipitación se presenta en forma de heladas frecuentes. Ante estas condiciones térmicas la vegetación es muy limitada, desarrollándose tan sólo musgos, líquenes y algunas herbáceas.



## **4.7 Comportamiento Económico**

### **4.7.1 Identificación de las actividades económicas de la subcuenca.**

Dentro de las actividades económicas que permiten la generación de riqueza dentro de la comunidad mediante la extracción, transformación y distribución de los recursos naturales o bien de algún servicio teniendo como fin la satisfacción de las necesidades de la sociedad se encuentra una división por sectores económicos los cuales fortalecen la base productiva del municipio, dichos sectores son y se caracterizan de la siguiente manera:

#### *4.7.1.1 Sector Agropecuario:*

Los municipios, en los cuales está ubicada la cuenca cuentan con un porcentaje mayor al 50% de sus territorios, dedicado al sector agropecuario de éstos, algunas están destinadas al cultivo de temporal y a la agricultura de riego. Asimismo se desarrollan actividades forestales y pecuarias, siendo la primera rama más importante dentro del sector primario.

Los principales productos cultivables son cereales como: maíz, avena, papa y cebada, la mayor parte de esta producción se comercializa. Otra parte de la superficie cultivable se emplea para forrajes industriales, frutales (durazno y manzana) y hortalizas.

A pesar de lo anterior en algunas zonas este tipo de actividades ha disminuido significativamente por la falta de apoyo e impulso técnico, aunado al monocultivo y a las técnicas rudimentarias utilizadas en los procedimientos de cultivo, así las cosechas son útiles para el autoconsumo y se destina un bajo porcentaje a la comercialización.

#### *4.7.1.2 Sector Manufacturero:*

Dentro de la zona de influencia de la cuenca se cuenta con una base industrial diversificada, con una marcada concentración del total de la población que labora en actividades industriales, en la Industria de bebidas, productos de aserradero y carpintería y fabricación de materiales de arcilla para la construcción. Existen parques industriales dedicados a la producción de farmacéuticos (Gennoma Lab, Pfizer y Bayer), textiles (Vivatex), automotriz (Robert Bosch, Chrysler, Nissan y Parker), alimentos (Nestlé), detergentes (Henkel) y plásticos (Polioles), principalmente en el municipio de Toluca, por lo que una gran cantidad de la población ocupada en actividades manufactureras, que habita localidades cercanas se traslada a Toluca.

#### *4.7.1.3 Sector Comercio y Servicios:*

Algunas de las actividades comerciales en esta zona destacan por su nivel de competitividad (productividad y personal ocupado), en las ramas de productos alimenticios, bebidas y tabaco; en establecimientos especializados, y con estaciones de gasolina.

Así mismo los municipios ofrecen la prestación de servicios educativos privados, de recreación y profesionales diversos. Cabe mencionar que la mayor cantidad de población ocupada en el sector generalmente realiza sus actividades en el municipio de Toluca. El sector industrial es la segunda economía en importancia, ya que proporciona empleo a una gran cantidad de personas. La mayoría de estos servicios son pequeños talleres familiares artesanales que presenta una marcada concentración en las ramas de alfarería y cerámica, celulosa y papel, confección de ropa y molienda de nixtamal y elaboración de tortillas.

A pesar de ser esta actividad representativa en el desarrollo de los municipios de Almoloya y Zinacantepec, tiene una mayor importancia en Toluca ya que se ha destacado por su tendencia ascendente, debido a que es un atractivo cultural para los turistas.

## 4.8 Uso actual de suelo

De acuerdo a nuestra zona de estudio se presentan siete modalidades en cuanto a uso de suelo, dentro de estas se señala el territorio donde se desarrollan y el porcentaje que ocupan dentro del territorio de los municipios.

**Uso Forestal** : Representa el 39.90% del territorio y se encuentra conformado por el Parque Nacional Nevado de Toluca y el Parque Estatal Sierra Morelos, en los que se desarrollan especies como el pino, oyamel, encino, cedro, ocote, entre otros. Estas áreas presentan problemas de deforestación y erosión, lo que ha originado la pérdida notable de la flora y fauna silvestre en la zona.

**Uso Agrícola**: Representa el 24.485% del territorio y se distribuye principalmente en las siguientes zonas: Tecaxic y San Pablo Autopan. Esta actividad se ve favorecida por las condiciones topográficas que permiten su adecuado desarrollo, además de la existencia de los bordos, canales y manantiales con que cuenta el territorio. La mayoría de estas actividades se desarrollan de forma extensiva y de temporal.

**Uso Urbano**: Representa el 23.47% del territorio y la mayor parte del uso urbano lo conforman el municipio de Toluca y Zinacantepec con las localidades de San Juan de las Huertas, San Cristóbal Tecolot, San Miguel Zinacantepec, San Luis Mextepec, Tecaxic, San Pablo Autopan y Calixtlahuaca y en menor medida el municipio de Almoloya de Juárez con San Francisco Tlalcilcalpan.

Cuerpo de Agua: Que representa 0.795 por ciento del territorio.

Zona Federal: Que representa 1.09 por ciento del territorio.

Zona Arqueológica: Que representa 0.28 por ciento del territorio.

Banco de Materiales: Que representa 0.25 por ciento del territorio.

## **4.9 Régimen de Propiedad**

El régimen de tenencia del suelo en el área comprendida por la cuenca se divide en propiedad privada, ejido y comunal. La propiedad privada y ejidal abarcan la mayor parte del territorio de la cuenca, seguida de la propiedad comunal que forma parte de los municipios de Toluca y Zinacantepec.

- La tenencia de tipo privada del territorio mide 16471.44 hectáreas y está conformada por las áreas habitacionales consolidadas, áreas industriales y zonas en proceso de consolidación denominadas como mixtas.
- La parte ejidal corresponde principalmente al municipio de Zinacantepec y de Almoloya de Juárez con 20003.71 hectáreas.
- La tenencia de tipo comunal está integrada por las zonas forestales del Nevado de Toluca con 999.03 hectáreas.

## **4.10 Vivienda y su tipología**

La vivienda predominante en el área comprendida por la cuenca es de tipo unifamiliar, de uno o dos niveles, con un estilo arquitectónico indefinido, con o sin jardines y estacionamiento, existe una mezcla de vivienda con características tanto rurales como urbanas, siendo estos dos tipos los que predominan en la región. En las zonas que forman parte de los municipios de Zinacantepec y Almoloya existen tanto viviendas de tipo rural como urbana, con grandes terrenos pero construcciones pequeñas, construidas con materiales como block, tabicón y madera que proporcionan los servicios básicos a la población. En las zonas cercanas a Toluca y parte de la cabecera municipal de Zinacantepec las viviendas son de tipo urbano, el tamaño del lote es muy variado, la altura promedio es

de dos niveles y los materiales de construcción con que cuentan son de buena calidad, no presentan mezclas de uso del suelo y cuentan con todos los servicios públicos (agua, luz y drenaje).

#### **4.11 Función de los centros de población dentro del área de influencia de la cuenca**

La cabecera municipal de Toluca es uno de los centros de población más importantes de la subcuenca, ya que a pesar de ser la capital del Estado de México forma parte de la quinta zona metropolitana más habitada del país. Su función radica en ser un importante centro industrial ya que la industria ocupa un lugar importante en la economía del municipio y de la región. Las industrias establecidas en el municipio se dedican a la producción y distribución de bebidas, alimentos procesados, textiles, automóviles, productos eléctricos, químicos y farmacéuticos, lo que genera que los productos se comercializan fácilmente dentro y fuera de la ciudad. Además del sector industrial, gran parte de la población se dedica a actividades terciarias, como el comercio y los servicios. Otro aspecto importante, dentro del sector primario, son la agricultura y la ganadería. Se cultiva maíz, jitomate, huertos frutales, hortalizas y se produce leche y sus derivados. Cuenta con importantes instituciones educativas tanto públicas como privadas, que han permitido a la población continuar sus estudios. Además de importantes redes de transporte como son el aeropuerto internacional y la central de autobuses, que permiten conectar a Toluca con otras ciudades del país y del mundo. Debido a todos estos factores la ciudad de Toluca como centro de población tiene gran influencia sobre otros centros de población, ya que de ella depende el desarrollo social y económico de los pueblos circundantes.

#### **4.12 Análisis de la estructura urbana municipal y regional actual**

En un inicio el crecimiento urbano en los tres municipios se originó desde la Cabecera Municipal, pero al notar las condiciones fisiográficas del territorio, los ayuntamientos fueron permitiendo la expansión física de las ciudades hacia su periferia, dando origen a la creación de nuevas colonias habitacionales carentes de planeación, sin servicios básicos de infraestructura y equipamiento. En general se puede determinar que la estructura urbana municipal presenta crecimiento disperso debido al aumento de actividades comerciales, de servicios y el incremento de la ocupación de suelo para vivienda de los sectores de la población de bajos ingresos en terrenos que eran utilizados para fines agropecuarios.

Como consecuencia existe un gran número de localidades rurales, caracterizadas por un patrón de ocupación del suelo de manera anárquica, en la cual no se tiene una delimitación urbana definida y estructurada, originando problemas de compatibilidad de uso y ocupación del suelo, así como de dotación de servicios de infraestructura, equipamiento, degradación de la imagen y el entorno urbano.

Cada municipio que integra la zona delimitada por la subcuenca Tejalpa cuenta con sus propias características en cuanto a estructura urbana, por lo que se explica el análisis de cada uno de estos municipios.

En el municipio de Almoloya de Juárez la estructura urbana ha sido acentuada por 4 vialidades regionales que atraviesan el municipio: Autopista de Cuota Toluca-Atlacomulco, Carretera Estatal Toluca-Ixtlahuaca, Carretera Federal Toluca-Zitácuaro y Carretera Federal Toluca-Valle de Bravo. Se cuenta con 8 zonas habitacionales, las cuales son: Almoloya (ubicada al sureste, conformada por la Cabecera Municipal y 11 colonias más), San Francisco (ubicada al sur, conformada por San Francisco Tlalcilcalpan, 3 comunidades rurales y un conjunto habitacional llamado Geovillas del Nevado), Mina México (ubicada al este, conformada por la comunidad de Santa Juana Centro, 4 ejidos y 11 comunidades),

Mayorazgo de León (ubicada al noreste, conformada por la localidad de Mayorazgo de León, 9 comunidades y 4 ejidos), Mextepec (ubicada al noreste, conformada por la comunidad de Mextepec y 24 comunidades más), Cieneguillas (ubicada al poniente, conformada por la localidad de Cieneguillas, 4 comunidades y 4 ejidos) y El Estanco (ubicada al suroeste, conformado por la localidad de El Estanco y 17 comunidades más).

En el municipio de Toluca la mancha urbana ha crecido en 5 direcciones, lo cual muestra una estructura urbana de expansión general hacia diferentes zonas: hacia el oriente (gracias a la Av. Pino Suárez se adhiere a la ciudad de Metepec y Paseo Tollocan que une a los municipios de Lerma y San Mateo Atenco), hacia el occidente (se adhiere el municipio de Zinacantepec y Almoloya de Juárez gracias al boulevard Adolfo López Mateos), hacia el noreste (debido a la presencia de la Central de Abastos, el Aeropuerto Internacional de Toluca y los parques industriales), hacia el noroeste (gracias a la Av. Río Papaloapan se adhieren las comunidades de Santa Cruz Atzacapotzaltongo, San Marcos Yachihuacaltepec, Santiago Tlaxomulco y Calixtlahuaca) y por ultimo hacia el norte (aún no hay conexiones importantes entre las comunidades de San Cristóbal Huichochitlán, San Andrés Cuexcontitlán y San Pablo Autopan, generando problemas para la planeación territorial).

En lo que respecta al municipio de Zinacantepec se puede observar una mezcla entre la estructura urbana de Toluca y Almoloya de Juárez, ya que existe continuidad entre las zonas habitacionales cercanas a la Cabecera Municipal como San Luis Mextepec y algunas aledañas como San Juan de las Huertas y Santa Cruz Cuauhtenco, pero hay comunidades que registran un crecimiento sumamente disperso. Con el paso del tiempo se ha determinado una estructura urbana con usos de suelo urbanos y urbanos mixtos.

#### **4.13 Identificación de los elementos estructuradores: Redes de Infraestructura y Vías de Comunicación**

**Infraestructura Hidráulica:** El sistema de dotación de agua potable para los municipios de Almoloya de Juárez, Toluca y Zinacantepec, que comprenden la subcuenca Tejalpa; se ofrece a partir de los organismos operados por comités locales como lo son: la Operación del Sistema de Agua del Conjunto Urbano Geovillas El Nevado, Agua y Saneamiento de Toluca (ASAT) y el Organismo Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado (ODAPAS) respectivamente; que abastecen a cada una de las delegaciones a través de fuentes como lo son manantiales y pozos. De los cuales Almoloya de Juárez se abastece de los manantiales “Ojo de Agua”, “Santa Catarina Tabernillas” y “Santa María Nativitas” por su parte Toluca cuenta con 34 pozos en el área urbana y 39 en el área rural, ubicados al norte del municipio, además de una derivación del sistema Cutzamala; Zinacantepec cuenta con seis pozos y un tanque elevado, además de los manantiales “Las Tuzas”, “Terrerillas” y “Jazmín”, que a su vez utilizan el cauce del Río Chichito para su conducción desde la zona forestal hasta las localidades.

**Infraestructura de Drenaje y alcantarillado:** Este servicio sanitario existente entre los municipios, tiene una cobertura en las viviendas particulares habitadas que va desde el 71,72% al 95%; todas ellas operan bajo una doble función: la recepción de líquidos pluviales y como colectores de aguas negras provenientes de las descargas residuales de tipo domiciliarias, comerciales e industriales, de forma que no existe separación de estas dos descargas realizándose sin tratamiento alguno para el caso de los municipio de Almoloya de Juárez y Zinacantepec; pues en el caso de Toluca cuenta en su mayor parte con un sistema de colectores sanitarios, que se dirigen hacia dos plantas de tratamiento de aguas residuales, ubicadas en la zona oriente y norte del municipio y una tercera en el “Club Deportivo Toluca”.

## CAPITULO 5. METODOLOGÍA

En este capítulo se describirán los métodos utilizados para realizar la investigación, se partirá de la descripción de la recopilación de información, para lo cual se describirá las principales fuentes de información que fueron consultadas para la elaboración de del presente trabajo.

Se continuara con la descripción de los diferentes sistemas que se utilizaron para el análisis e interpretación de los datos recopilados, teniendo como resultados los mapas de vulnerabilidad, exposición, peligro y por tanto las zonas propensas a inundación.

Por ultimo será mostrado en una ventana interactiva toda la información geográfica y dato descriptivo obtenido mostrado mediante el diseño de un visualizador, el que también se mostrara información relevante sobre la problemática de las inundaciones.

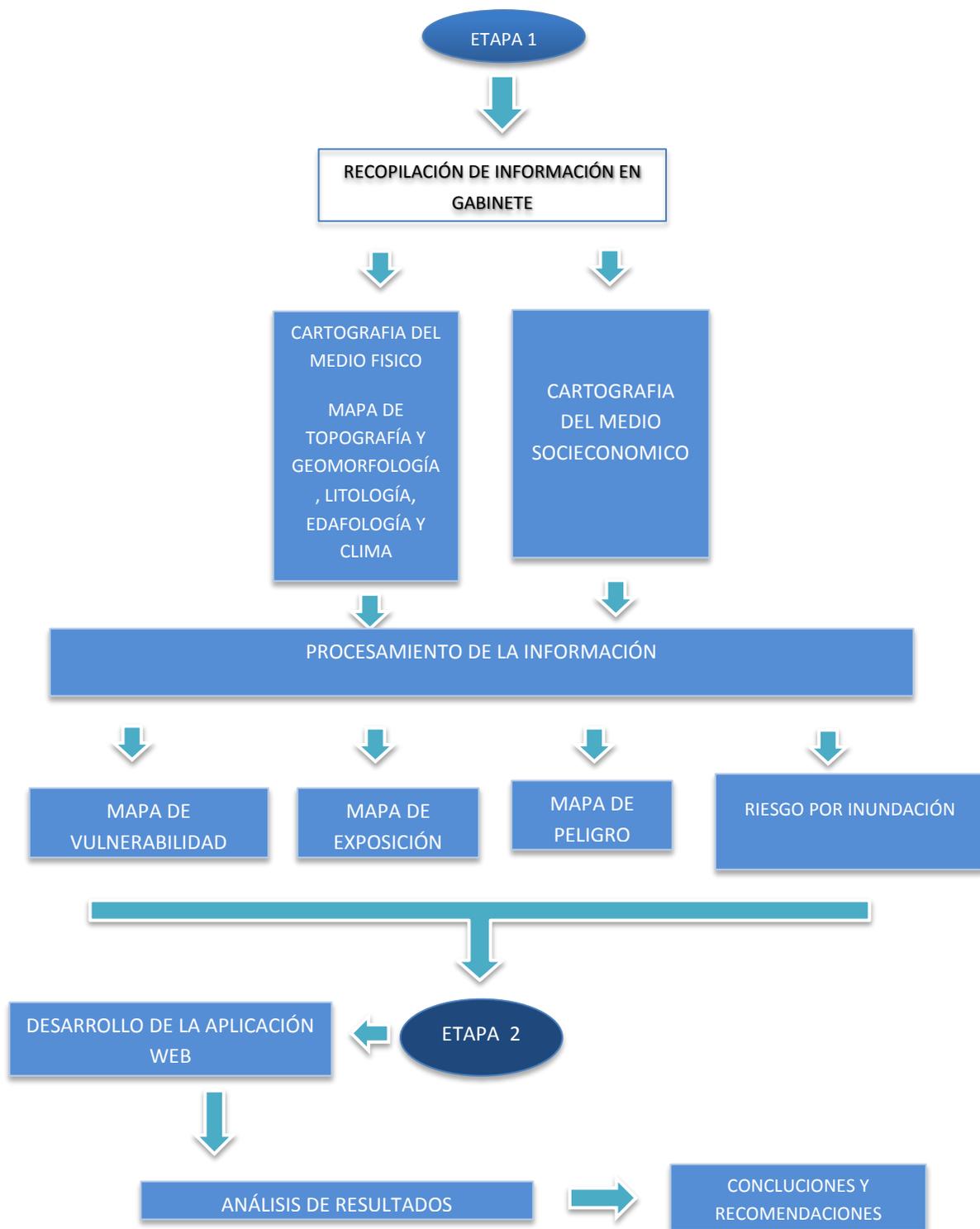


Figura. 19 Diseño Metodológico  
Elaboración Propia

## **5.1 ETAPA 1**

### **5.1.1 Recopilación De La Información**

Para la recopilación de información fue necesario recurrir a diferentes fuentes de búsqueda tanto para la obtención de datos geográficos y estadísticos, así como para la información teórica de la estructuración de Sistemas de Alerta Temprana.

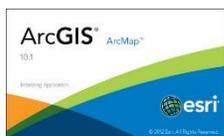
En el caso de la información geográfica se recurrió principalmente a los sitios web del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en la siguiente dirección <http://www.inegi.org.mx>. En este sitio la fuente principal fue datos vectoriales en el cual se obtuvo la cartografía base que compone el medio físico de la subcuenca del río Tejalpa.

También del mismo sitio se obtuvo la datos cartográfica referente a los Agebs y manzanas, así como se recopiló características socioeconómicas de la zona que comprende la zona de estudio obtenidas del Censo de Población y Vivienda del año 2010, donde se consiguió información estadística relevante acerca de la población, educación, empleo, vivienda, servicios públicos y actividades económicas esto con la finalidad de tener un panorama amplio de las características de la población que se encuentra habitando dentro de la zona de estudio.

Otro de los sitios web al que se recurrió fue al del Consejo Nacional de población en la siguiente dirección <http://www.conapo.gob.mx/>, en este sitio se obtuvo grado de marginación de las localidades que se encuentran dentro de los límites de la subcuenca del río Tejalpa, ya que nos ayudara junto con otras variables a conocer las condiciones de los habitantes para determinar el porcentaje de vulnerabilidad. (Ver Tabla. 1)

### 5.1.3 Procesamiento De La Información

Esta etapa consistió en la el procesamiento, análisis e interpretación de la cartografía del medio físico y socioeconómico de la subcuenca y se consideraron la estandarización y homologación de la cartografía para lo cual se llevó diferentes procesos apoyándose del software especializado como lo son:



**ArcMap** Es la aplicación principal de ArcGIS. Se utiliza para realizar muchas de los trabajos habituales de SIG, así como tareas especializadas, específicas del usuario. Como por ejemplo la creación de mapas sencillos hasta los más complejos que se pueda imaginar, también nos permite automatizar el trabajo y facilitarnos muchas tareas cotidianas.

En el presente trabajo se tuvo la necesidad de crear diferentes bases de datos, homologando la información que se obtuvo de las fuentes de datos, con el objetivo de crear información nueva que permita el análisis espacio temporal de las condiciones físicas y socioeconómicas de la zona de estudio.

Así mismo las herramienta del este programa facilitan la estandarización de la información para el fácil manejo y manipulación de la misma llevando acabo la transformación de diferentes formatos a formatos compatible con el software.

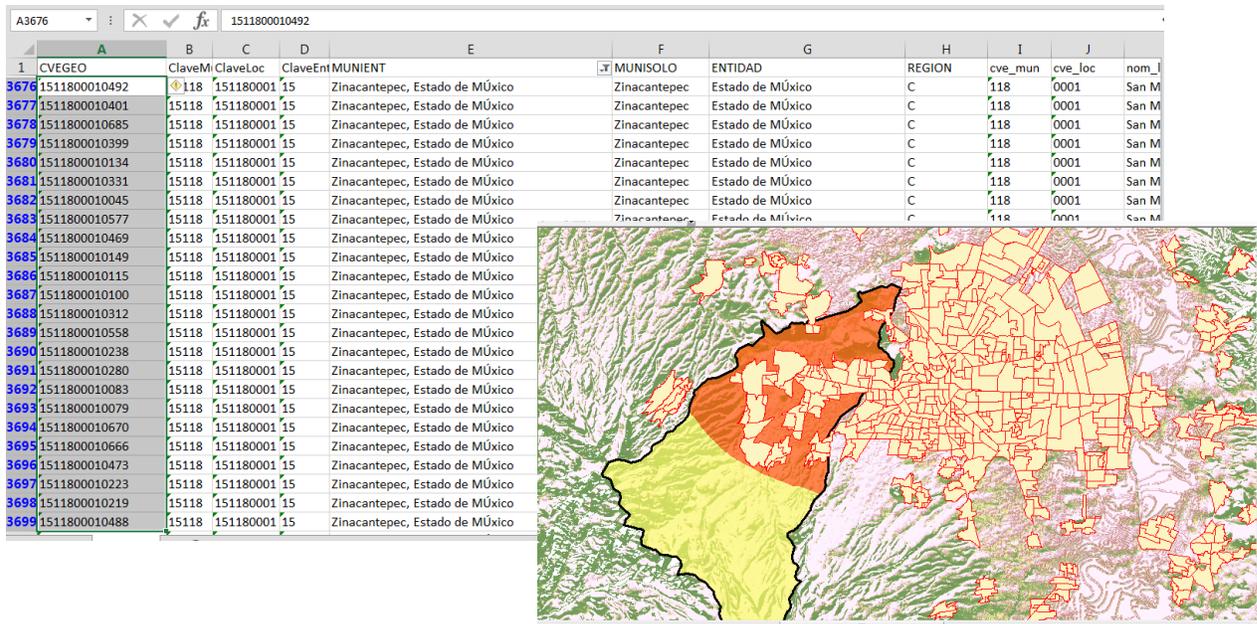


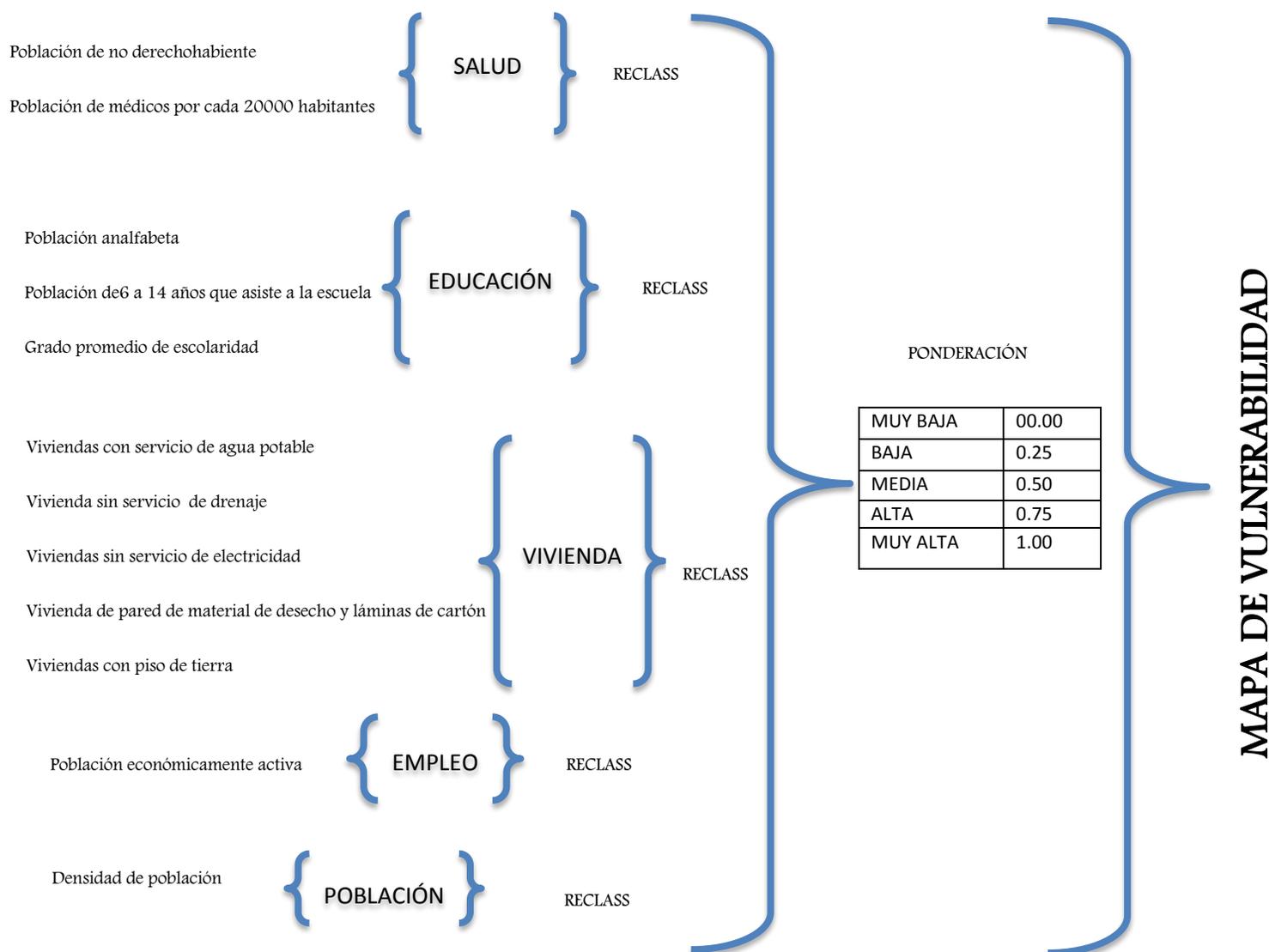
Figura. 20 Procesos de Transformación de la información.  
Elaboración Propia.

### 5.1.3.1 Mapa De Vulnerabilidad

La vulnerabilidad es una consecuencia directa del incremento demográfico y el aceleramiento sin que exista un planeación adecuada por lo que para poder estimar u obtener la vulnerabilidad social dentro de los límites de nuestra área de estudio tomamos como base las condiciones sociales y económicas la cual proporcionara un parámetro para medir las posibles organización y recuperación después de un desastre.

De acuerdo a la guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligro y riesgo elaborada por CENAPRED se tomaros los indicadores de salud, educación, vivienda, empleo e ingresos y población, todos estas variables seleccionados influyen sobre las condiciones de vida y desarrollo de los individuos y de la sociedad para el desarrollo de un mapa de vulnerabilidad, todos estos variables seleccionados influyen sobre las condiciones de vida y desarrollo de los individuos y de la sociedad en general, el análisis para el cálculo del índice de vulnerabilidad, se realizó a una escala de área geostatística

básica (AGEB), el método que se optó para el análisis fue CENAPRED, 2006 el cual nos indica que para obtener el índice de vulnerabilidad se calculan los porcentajes de los siguientes indicadores ( Ver Figura 21):



*Figura. 21 Metodología para la Elaboración del Mapa de Vulnerabilidad.  
Elaboración Propia.*

➤ **SALUD**

**Porcentaje de la población no derechohabiente**

RANGO (%)	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
17.63 a 34.10	Muy Baja	0.00
34.11 a 50.57	Baja	0.25
50.58 a 67.04	<b>Media</b>	<b>0.50</b>
67.05 a 83.51	Alta	0.75
83.52 o mas	Muy Alta	1.00

**Fórmula**  $\%PND = \frac{PND}{PT} * 100$

Donde

% PND: porcentaje de población no derechohabiente

PND: Población no Derechohabiente

PT: Población total

**Porcentaje de médicos por cada 1000 habitantes**

RANGO (%)	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
0.20 a 0.39	Muy alta	1.00
0.4 a 0.59	Alta	0.75
0.6 a 0.79	Media	0.50
0.8 a 0.99	Baja	0.25
Uno o mas	Muy Baja	0.00

**Fórmula**  $PM = \frac{NoA}{PT} * 1000$

Donde

PM: Proporción de médicos

NoA: Numero de médicos en el Área de estudio

PT: Población Total

➤ EDUCACIÓN

**Porcentaje de analfabetismo**

RANGO (%)	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
1.07 a 15.85	Muy Baja	0.00
15.86 a 30.63	Baja	0.25
30.64 a 45.41	Media	0.50
45.42 a 60.19	Alta	0.75
60.20 o mas	Muy Alta	1.00

$$\text{Fórmula } \%A = \frac{P15\ aA}{PT15a} * 100$$

Donde

%A: Porcentaje de analfabetismo

P15aA: Población de 15 años y más analfabeta

PT15a: Población total de 15 años y mas

**Porcentaje de población de 6 a 14 años que asiste a la escuela**

RANGO (%)	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
42.72 a 54.17	Muy alta	1.00
54.18 a 65.62	Alta	0.75
65.63 a 77.07	Media	0.50
77.08 a a88.52	Baja	0.25
88.53 o mas	Muy Baja	0.00

$$\text{Formula } DEB = \frac{PT6\_14aAE}{PT6\_14a} * 100$$

Donde

DEB: Demanda de educación básica

PT6\_14aAE: Población total de 6 a 14 años que asiste a las escuelas

PT6\_14a: Población Total de 6 a 14 años

## Grado promedio de escolaridad

RANGO (%)	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
1 a 3.2	Muy alta	1.00
3.3 a 5.4	Alta	0.75
5.5 a 7.6	Media	0.50
7.7 a 9.8	Baja	0.25
9.9 o mas	Muy Baja	0.00

$$\text{Fórmula } GPE = \frac{SAAP15a}{PT15a}$$

Donde

GPE: Grado promedio de Escolaridad

SAAP15a: Suma de años aprobados desde primero de primaria hasta el último año alcanzado de la población de 15 años y más.

PT15a: Población Total de 15 años y mas

## ➤ VIVIENDA

### Porcentaje de viviendas sin servicio de agua potable

RANGO (%)	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
0 a 19.96	Muy Baja	0.00
19.97 a 39.92	Baja	0.25
39.93 a 59.88	Media	0.50
59.89 a 79.84	Alta	0.75
79.85 o mas	Muy Alta	1.00

$$\text{Fórmula } TVNDAE = TVPH - TVDAE$$

Donde

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

TVPH: Total de Viviendas Particulares Habitadas

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

$$\%NDAE = \frac{PTVNDAE}{TVPH} * 100$$

Donde

%VNDAE = Porcentaje de Viviendas que no Disponen de Agua Entubada

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

TVPH = Total de Viviendas Particulares Habitadas

#### Porcentaje de vivienda sin servicio de drenaje

RANGO (%)	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
1.21 a 20.96	Muy Baja	0.00
20.97 a 40.71	Baja	0.25
40.72 a 60.46	Media	0.50
60.47 a 80.21	Alta	0.75
80.22 o mas	Muy Alta	1.00

**Fórmula**      **TVND = TVPH –TVDD**

Dónde:

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

TVPH = Total de Viviendas Particulares Habitadas

TVDD = Total de Viviendas Particulares Habitadas que Disponen Drenaje

**Fórmula**     **$\%VND = \frac{PVND}{TVPH} * 100$**

Donde:

%VND = Porcentaje de Viviendas que no disponen de Drenaje

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

TVPH = Total de Viviendas Particulares Habitadas

### Porcentaje de viviendas sin servicio de electricidad

RANGO (%)	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
0 a 19.76	Muy Baja	0.00
19.77 a 39.52	Baja	0.25
39.53 a 59.28	Media	0.50
59.29 a a79.04	Alta	0.75
79.05 o más	Muy Alta	1.00

**Fórmula**      **TVNDE = TVPH –TVDE**

Dónde:

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

TVPH = Total de Viviendas Particulares Habitadas

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

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

Dónde:

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

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

TVPH = Total de Viviendas Particulares Habitadas

### Porcentaje de viviendas con paredes de material de desecho y láminas de cartón

RANGO (%)	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
0 a 19.76	Muy Baja	0.00
19.77 a 39.52	Baja	0.25
39.53 a 59.28	Media	0.50
59.29 a a79.04	Alta	0.75
79.05 o más	Muy Alta	1.00

**Fórmula**

$$\% VPMD = \frac{TVPM D}{TVPH} * 100$$

Donde

%VPMD = Porcentaje de Viviendas con Paredes de Material de desecho y lámina de cartón

TVPM D = Total de Viviendas Particulares Habitadas con Paredes de Material de desecho y lámina de cartón

TVPH = Total de Viviendas Particulares Habitadas

**Porcentaje de viviendas con piso de tierra**

RANGO (%)	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
1.52 a 20.82	Muy Baja	0.00
20.83 a 40.12	Baja	0.25
40.13 a 59.42	Media	0.50
59.43 a 78.72	Alta	0.75
78.73 o mas	Muy Alta	1.00

**Fórmula**

$$TVPT = TVPH - TVPMDT$$

Donde:

TVPT = Total de Viviendas Particulares Habitadas con Piso de Tierra

TVPH = Total de Viviendas Particulares Habitadas

TVPMDT = Total de Viviendas Particulares Habitadas con Piso de Material Diferente de Tierra

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

Donde

%VPT = Porcentaje de Viviendas con Piso de Tierra

TVPT = Total de Viviendas Particulares Habitadas con Piso de Tierra

TVPH = Total de Viviendas Particulares Habitadas

➤ **EMPLEO E INGRESOS**

Porcentaje de la población económicamente activa (PEA) que reciben ingresos de menores de 2 salarios mínimos

RANGO (%)	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
18.41 a 34.5	Muy Baja	0.00
34.51 a 50.59	Baja	0.25
50.60 a 66.68	Media	0.50
66.69 a 82.77	Alta	0.75
82.78 o mas	Muy Alta	1.00

**Fórmula**       $\%PEA = \frac{PH2SM}{PEA} * 100$

Donde:

%PEA = Porcentaje de la Población Económicamente Activa

PH2SM = Población que Percibe hasta 2 Salarios Mínimos

PEA = Población Económicamente Activa

➤ **POBLACIÓN**

**Densidad de población**

RANGO (%)	Condición de Vulnerabilidad	Valor asignado
De 1 a 99 habitantes por km <sup>2</sup>	Muy Baja	0.00
De 100 a 499 habitantes por km <sup>2</sup>	Baja	0.25
De 500 a 999 habitantes por km <sup>2</sup>	Media	0.50
De 1000 a 4999 habitantes por km <sup>2</sup>	Alta	0.75
Más de 5000 habitantes por km <sup>2</sup>	Muy Alta	1.00

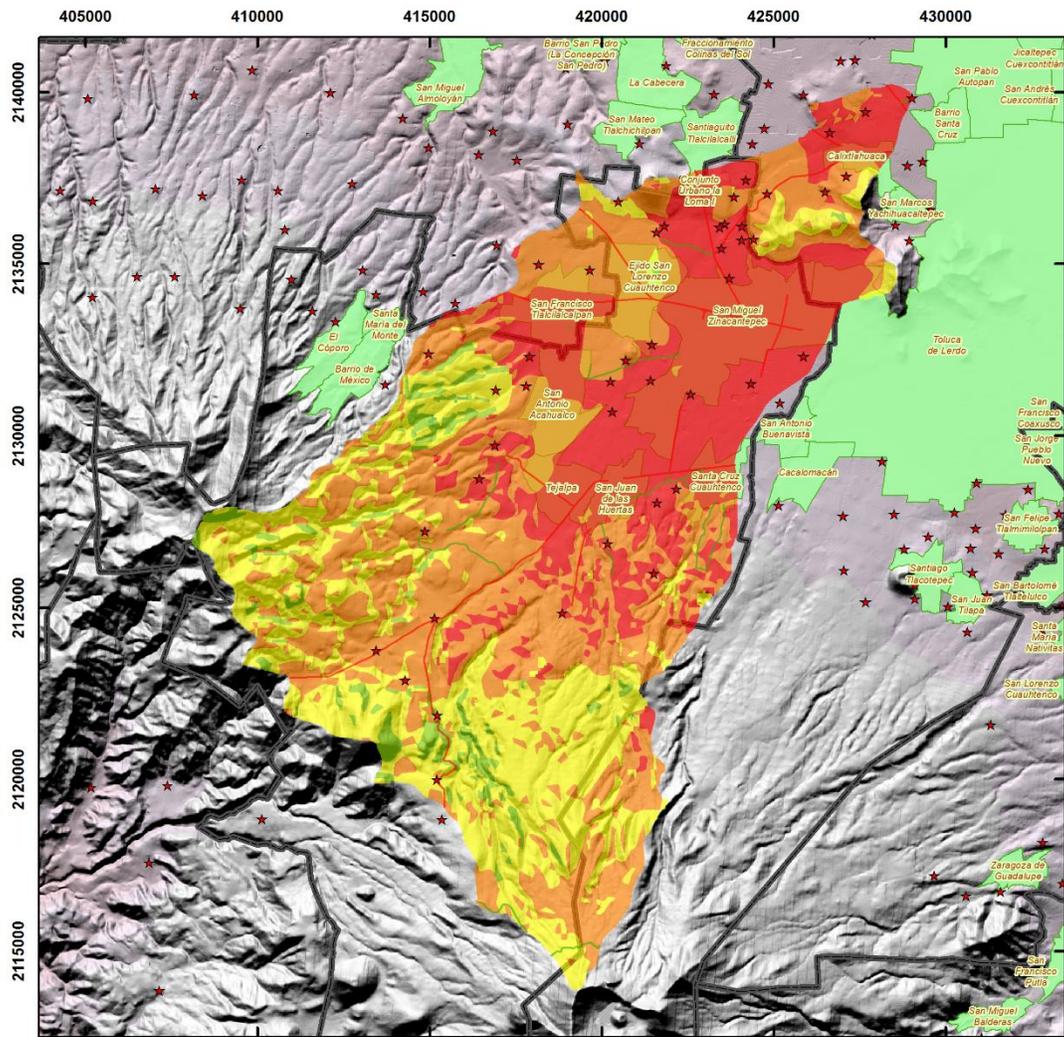
**Fórmula**       $\%DP = \frac{PT}{ST}$

Donde

DP = Densidad de Población

PT = Población Total

ST = Superficie Territorial

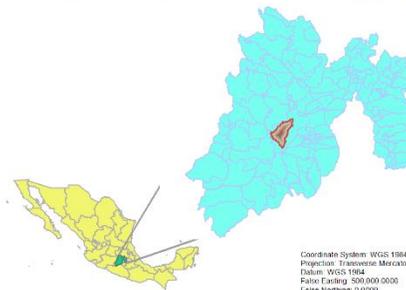
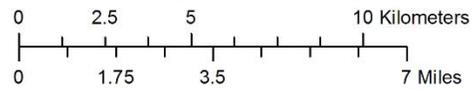


**Simbología**

- ★ Localidades Rurales
- Carreteras**
- Pavimentada
- Terracería
- Municipios
- Localidades urbanas

**Vulnerabilidad a Inundación**

- Muy Alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy Bajo



Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 14N  
 Projection: Transverse Mercator  
 Datum: WGS 1984  
 False Easting: 500 000 0000  
 False Northing: 0 0000  
 Central Meridian: -94 0000  
 Scale Factor: 0 9996  
 Latitude of Origin: 0 0000  
 Units: Metro

*Figura. 22 Mapa de Vulnerabilidad.  
 Elaboración Propia*

### *5.1.3.2 Mapa Peligro*

La evaluación del peligro consiste en obtener una descripción probabilística de la posible ocurrencia de los eventos perturbadores con distintas intensidades. Se debe de calcular cada medida de la intensidad que sea significativa según el tipo de sistema o daño que se deba de incluir en el análisis de riesgo. Para la identificación del peligro en la zona de estudio se tomó en cuenta la variable “periodo de retorno” que en este caso es el lapso de tiempo que hay que esperar para que ocurra un evento con una intensidad superior a la especificada, en este caso es el promedio en el tirante acumulado de la precipitación.



### 5.1.3.3 Mapa De Exposición

El mapeo de la exposición a los riesgos representa la distribución espacial de todos aquellos elementos susceptibles de ser afectados por cualquier evento que se produzca en la zona. Es importante contar con datos de segmentos susceptibles como lo son población pobre, infraestructura y asentamientos inseguros entre otros (L. Carreño, Cardona, & Barbat, 2005); así como también se puede considerar como indicador la tasa de crecimiento. Para la evaluación de la exposición de acuerdo con la Metodología de CENAPRED de identificación de riesgo se consideraron las variables de Densidad de población y actividades comerciales ya que estas variables son parte del sistema expuesto al riesgo.

Por tal motivo la mayor concentración de población representa un aspecto fundamental del riesgo, ya que permite identificar aquellos elementos que por su localización pueden sufrir algún nivel de daños o pérdidas como consecuencia de la acción de la amenaza. Conocer la distribución y cantidad de elementos expuestos se puede tomar como un indicador que señale a las autoridades hacia donde enfocar prioridades de análisis y medidas estructurales y no estructurales.

#### Grado de Exposición por número de Habitantes

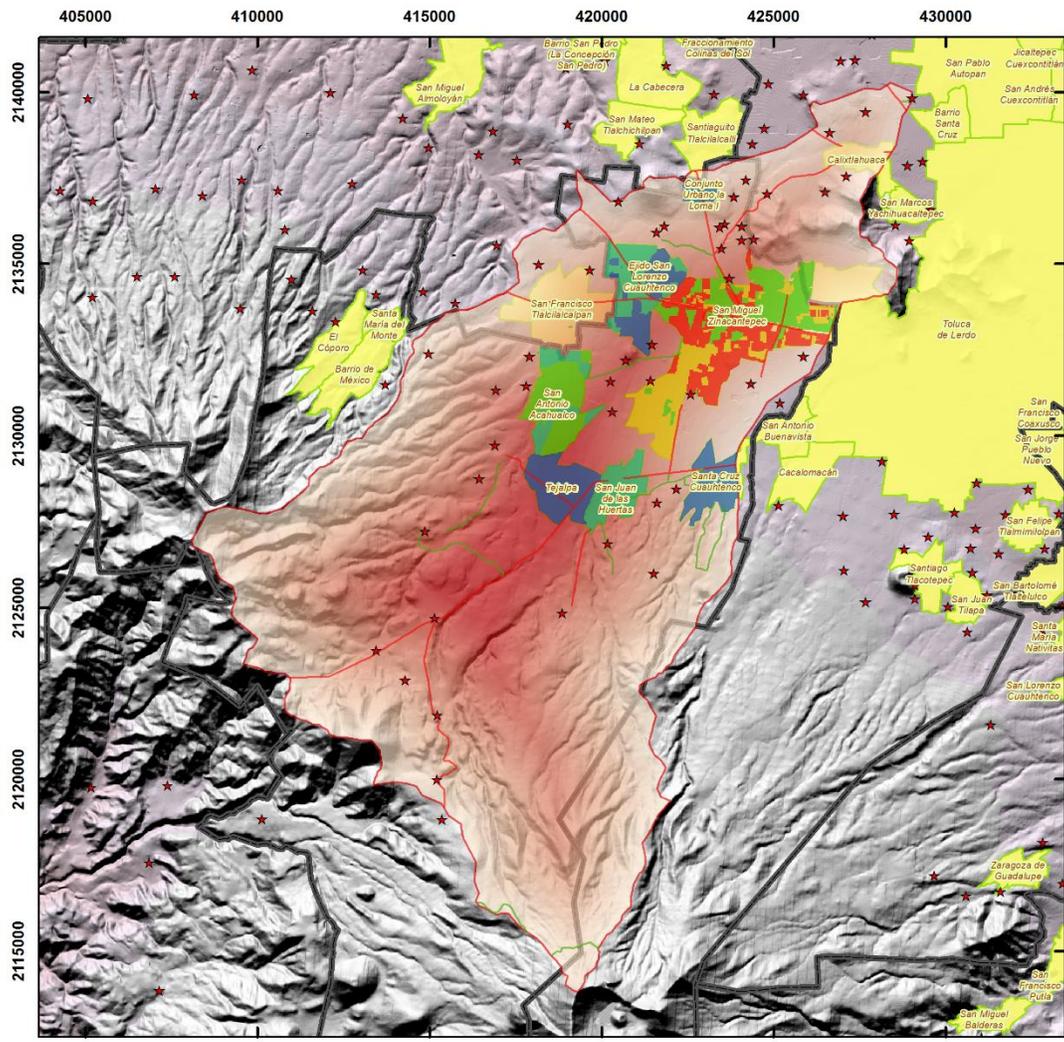
Valor	Rango	Condición de exposición
1	De 0 a 59 Habitantes	Muy Baja
2	De 60 a 136 Habitantes	Baja
3	De 137 a 251 Habitantes	Media
4	De 252 a 471 habitantes	Alta
5	De 472 a 1929 habitantes	Muy Alta

En cuanto a las actividades comerciales del área de estudio es determinante en la calidad de vida de la población la actividad del comercio en el municipio es una actividad

importante para los habitantes de la zona, por ello el análisis de las actividades económicas permitirá saber el grado de afectación que podrá tener.

#### **Grado de Exposición por número de Comercios**

Valor	Rango	Condición de exposición
<b>1</b>	De 0 a 5 Comercios	Muy Baja
<b>2</b>	De 6 a 15 Comercios	Baja
<b>3</b>	De 15 a 25 Comercios	Media
<b>4</b>	De 26 a 45 Comercios	Alta
<b>5</b>	De 45 a 84 Comercios	Muy Alta

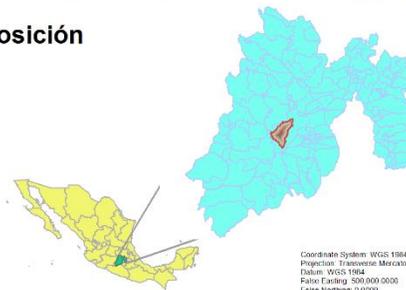


**Simbología**

- ★ Localidades Rurales
- Carreteras**
- Pavimentada
- Terracería
- Limite de la Subcuenca del Rio Tejalpa
- Municipios
- Localidades urbanas

**Grado de Exposición**

- Muy Alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy Bajo



Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 14N  
 Projection: Transverse Mercator  
 Datum: WGS 1984  
 False Easting: 500 000 0000  
 False Northing: 0 0000  
 Central Meridian: -99 0000  
 Scale Factor: 0 9996  
 Latitude of Origin: 0 0000  
 Units: Meter

*Figura. 24 Mapa Grado de Exposición.  
 Elaboración propia.*

## **5.2 ETAPA 2**

### **5.2.1 Desarrollo De La Aplicación Web**

La problemática de las inundaciones en las áreas tanto urbanas como rurales ha estado presente siempre, sin embargo la implementación de sistemas de alerta temprana se presenta como una solución interdisciplinaria que crea un sistema de prevención el cual es una gran oportunidad que permite la reducción del impacto de algún fenómeno hidrometeorológico por lo que nos permite la reducción de muerte de vidas humanas.

En esta fase nos enfocaremos a la descripción metodológica del Sistema de Alerta de la subcuenca del río Tejalpa (SIATI-ScRT) centrado en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

En esta etapa se pretende elaborar una plataforma web que mediante el uso de diferentes herramientas que nos permita generarla. En los últimos años las páginas web se han optimizado y han adquirido gran importancia ya que se han integrado en diferentes contextos como por ejemplo en los negocios tanto de pequeños como grandes empresas, por lo que aumenta su importancia.

Dada la existencia de las herramientas informáticas a continuación se describirán cada una de ellas que se requirieron para el desarrollo de la propuesta de la aplicación.

#### *5.2.1.1 Alcances de la Aplicación*

La idea principal del uso de la plataforma web en un Sistema de Alerta Temprana es la facilitación del acceso a la información espacial para optimizar las herramientas de planteamiento, mejora de la gestión y la posibilidad de análisis territoriales, puede proporcionar información de gran utilidad sobre el riesgo de inundación a las personas que

se encuentran dentro de la subcuenca del río Tejalpa, así como también funcionar como un instrumento de enlace entre la comunidad, autoridades, instituciones públicas, especialistas en diferentes ámbitos entre otros.

### 5.2.1.2 Diseño de la base de datos

La estructura en capas es importante ya que afectará el mantenimiento de la base de datos la consulta y el rendimiento en general del sistema. Al realizar las capas de datos tomamos en cuenta la capa que sería útil para el desarrollo del sistema, la proyección del mapa, las unidades del mapa de acuerdo a la proyección, los elementos de las capas como son las líneas, puntos y polígonos y los atributos que corresponden a los elementos de cada capa de información (Ver Tabla. 2).

Tabla 1. Documentación descriptiva de capas

Nombre de la capa	Tipo de elemento	Atributos para visualización
Hidrología	Línea	Longitud, descripción, clave,
Distancia a albergues	Polígono	Distancia, área
Vulnerabilidad	Polígono	Grado de vulnerabilidad, área
Altura posible de lámina de inundación	Polígono	Altura, grado de influencia.
Áreas susceptibles a inundación	Polígono	Grado de inundación, área

Fuente: Elaboración Propia.

### 5.2.1.3 Requerimiento de software para el sistema



(Lenguaje de marcas de Hipertexto) Contiene un conjunto más amplio de tecnologías que permite a los sitios web y las aplicaciones ser más diversas y de gran alcance. Esta tecnología nos permite darle el formato que

deseamos, ya que es un lenguaje de fácil entendimiento, nos da la posibilidad de usar elementos multimedia dinámicos, que hacen que la página web se vea más llamativa e interactiva para el usuario, esto a través del reducido conjunto de etiquetas estructurales y semántica que son apropiadas por su simplicidad para la redacción, permite describir con mayor precisión cuál es su contenido, tiene gran conectividad ya que permite comunicarse con el servidor de formas nuevas e innovadoras, no necesita conexión y almacenamiento ya que permite a las páginas web almacenar datos localmente en el lado del cliente y operar sin conexión de manera más eficiente.

Tiene un gran rendimiento ya que proporciona una mayor optimización de la velocidad y un mejor uso del hardware.



**Google Engine Maps:** un sitio web, paralelo a Google Maps desde el que se pueden crear nuestros propios mapas. Esta herramienta proporciona un medio para almacenar datos geográficos a la capa del mapa base de google, los datos que nos permite utilizar son raster o vectores. Además de proporcionar funcionalidad, transformación y mantenimiento de los datos.



**Google Fusion Tables:** es una aplicación web de google proporciona el medio que facilita la el medio para visualizar los datos con gráficos de acuerdo a circulares, gráficos de barras, diagramas de dispersión y líneas de tiempo; así como mapas geográficos basados en Google Maps.



**API de Google Maps:** Es el conjunto funciones y procedimientos que superponer datos propios sobre un mapa de Google Maps personalizado. Permite crear atractivas aplicaciones web y móviles con la potente plataforma de mapas de Google, incluso con imágenes satelitales, mapas con estilos, demografía, análisis y una amplia base de datos de ubicaciones.



Lenguaje de programación interpretado. Se define como orientado a objetos, basado en prototipos, imperativo, débilmente tipado y dinámico.

Se utilizó principalmente en su forma del lado del cliente (client-side), como parte de un navegador web que permite mejoras en la interfaz de usuario y páginas web dinámicas.



(cascading style sheets) Lenguaje utilizado para definir y crear la presentación de un documento estructurado escrito en HTML o XML, tiene una sintaxis muy sencilla, dar propiedades de estilo, al texto como el color, la forma y el tamaño, etc, también nos permite separar contenidos de la página, dando una mejor presentación a la página. (Ver Figura 23)



*Figura. 25 Arquitectura del Sistema.  
Elaboración Propia.*

# CAPÍTULO 6. PROPUESTA DE PLATAFORMA WEB PARA EL SIATI- ScRT

## 6.1 Página De Ingreso

Esta página da acceso a las diferentes opciones de monitoreo sobre el sistema de alerta temprana con inundaciones de la Subcuenca del río Tejalpa.



*Figura. 26 Página de Ingreso al SIATI-ScRT*

## 6.2 PAGINA PRINCIPAL

Esta ventana cuenta con diferentes elementos que nos ayudaran a la navegación por el sitio, estos elementos son:

- 1.- Una pequeña explicación sobre lo que es el SIATI-ScRT
- 2.- El riesgo actual de inundación en la Subcuenca del Río Tejalpa
- 3.-Red de Monitoreo Hidrológico Subcuenca del Río Tejalpa
- 4.-Plan de Emergencia contra el Riesgo de Inundación.



Figura. 27 Página Principal del SIATI-ScRT

### 6.3 El Riesgo Actual de Inundación en la Subcuenca del Rio Tejalpa

Este apartado de la aplicación se divide en 3 partes ya que nos muestra tres avisos de alerta las cuales se distinguen con los colores verde, amarillo y rojo.



Figura. 28 Riesgo de Inundación

### 6.3.1 Alerta verde

En este apartado nos muestra que no existe ningún peligro de inundación además de que también cuenta con un apartado para consultar información que nos puede ayudar a protegernos en caso de que exista una inundación.



Figura. 29 Alerta Verde

### 6.3.2 Alerta Naranja

En este apartado nos muestra que existe la probabilidad de que ocurra una inundación ya que nos muestra unas leyendas que indican que a partir del monitoreo de puntos críticos del afluente existe la probabilidad de que el comportamiento pueda variar.



Figura. 30 Alerta Amarilla

### 6.3.3 Alerta Roja

Esta alerta avisa a la población que existe una alta probabilidad de inundación, al momento de que se da alarma comienza a correr un reloj que indica cuánto tiempo tiene la población localizada en las áreas mayormente propensas a inundación para tomar medidas de prevención ante una inundación.



*Figura. 31 Alerta Roja*

### 6.4 Lectura de la Red Hidrológica de la Subcuenca del Río Tejalpa

En esta ventana se muestra la propuesta del monitoreo hidrológico de la Subcuenca del río Tejalpa; esto mediante instrumentos de medición casero como los pluviómetros y los limnímetros que estarán evaluando el comportamiento de las lluvias y el caudal del río Tejalpa y sus afluentes.

Ir al inicio



Parametros de Control de las Estaciones de Monitoreo

Salir

## Red de Monitoreo Hidrológico de la Subcuenca del Río Tejalpa

### 1. ¿Qué es la RedMHSrT?

Es un conjunto de estaciones de monitoreo hidrológico localizadas estratégicamente en el área de la subcuenca del río Tejalpa. Esta red de monitoreo se compone por 7 escalas Limnimétricas; lo cual hace que se observe el comportamiento del nivel del río y arroyos que comprende la Subcuenca del Río Tejalpa. La red también tiene la ubicación de 5 pluviómetros, que darán la lectura del comportamiento de las precipitaciones que se presentan en el área de la subcuenca del río Tejalpa.

Localización de la red de monitoreo de lluvia y nivel de los ríos en la subcuenca del río Tejalpa

### 2. ¿Cómo funciona la RedMHSrT?

La red de limnímetros y pluviómetros es operada por personas voluntarias que proporcionarán la información captada al centro de mando para que se procesen los datos; así mismo se dará a conocer a la comunidad de la subcuenca del río Tejalpa si existe o no riesgo de inundación.

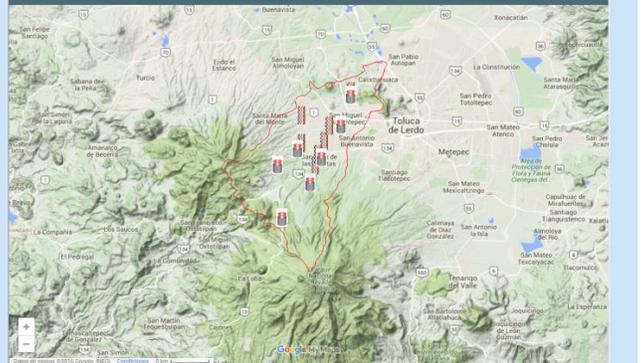
### 3. ¿Qué beneficio tiene su construcción y para quién es?

### 4. ¿Quién la construye?

### 5. ¿Cuál es la construcción de los instrumentos de medición de la RedMHSrT?

### 6. ¿Cómo lo podemos identificar?

Ubicación de Limnímetros y Pluviómetros



### Pluviómetros

Criterios

### Limnímetros

Criterios

### Ubicación de pluviómetros y limnímetros de la RedMHSrT

Estado	Municipio	Localidad	Tipo	Longitud
México	Zinacantepec	San Juan de las Huertas	Escala limnimétrica	419593.9999
México	Zinacantepec	San Juan de las Huertas	Escala limnimétrica	419997.0001
México	Zinacantepec	San Cristóbal Tecolilt	Escala limnimétrica	420997.9999
México	Zinacantepec	Zinacantepec	Escala limnimétrica	421378.0001
México	Zinacantepec	Serraton	Escala limnimétrica	424118.9999
México	Zinacantepec	Acahualco	Escala limnimétrica	417879.9999
México	Zinacantepec	Geovillas El Nevado San Fco	Escala limnimétrica	417870.0000
México	Zinacantepec	Raíces	Pluviómetro	448059.1804
México	Zinacantepec	Contadero de Matamoros	Pluviómetro	414831.1652
México	Zinacantepec	Ojo de Agua	Pluviómetro	418968.2574
México	Zinacantepec	San Pedro Tejalpa	Pluviómetro	417344.9849
México	Zinacantepec	San Juan de las Huertas	Pluviómetro	420420.4578
México	Zinacantepec	San Miguel Zinacantepec	Pluviómetro	422873.2324
México	Zinacantepec	El Serraton	Pluviómetro	424091.3521

Red de Monitoreo Hidrológico de la Subcuenca del Río Tejalpa

Volver a RedMH-SrT

Salir

## Parámetros hidrológicos RedMH-SrT

Estado actual por estación (mm)

### Pluviómetros

### Limnímetros

Pluviómetros

Clave pluviómetro 01 Localización: Zinacantepec Lectura actual (mm) 30

Sin alerta! 30 mm

Clave pluviómetro 02 Localización: Zinacantepec Lectura actual (mm) 30

Sin alerta! 30 mm

Clave pluviómetro 03 Localización: Zinacantepec Lectura actual (mm) 30

Pluviómetros

Clave Limnómetro 01 Localización: Zinacantepec Lectura actual (cm) 30

Sin alerta! 30 cm

Clave Limnómetro 02 Localización: Zinacantepec Lectura actual (cm) 30

Sin alerta! 30 cm

Clave Limnómetro 03 Localización: Zinacantepec Lectura actual (cm) 30

Figura. 32 Red Hidrológica de la Subcuenca del Río Tejalpa

## 6.5 Consulta de Información Geográfica ante el Riesgo de Inundación

En este apartado se muestra al usuario la parte geográfica referente al riesgo de inundación en la subcuenca del río Tejalpa; dando a conocer las zonas más vulnerables a este evento hidrológico; así mismo se identifican los posibles albergues que serán utilizados cuando ocurra una inundación en esta área. Además se da a conocer un pronóstico de cómo será el comportamiento de la precipitación en un periodo de tiempo a 20 años y 40 años.

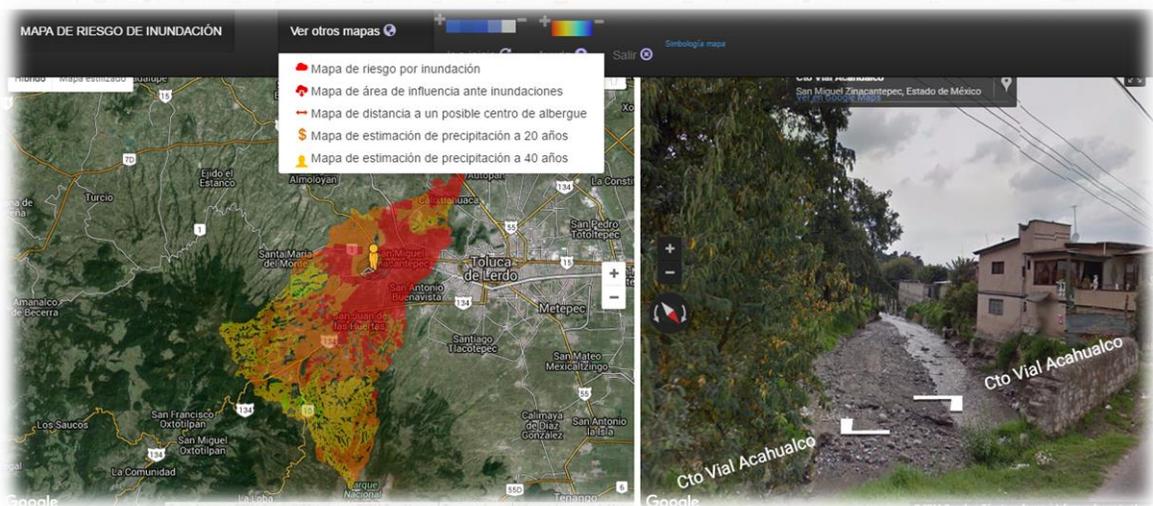


Figura. 33 Consulta de Información Geográfica

## 6.6 Plan de Emergencias contra Inundación

En esta ventana se muestra el plan de contingencia que tiene protección civil del municipio de Zinacantepec, con la finalidad de dar respuesta ante un evento hidrometeorológico como es el de inundación, de esta manera se da a conocer los números de emergencia donde el usuario puede reportar y ayudar ante el riesgo de inundación.

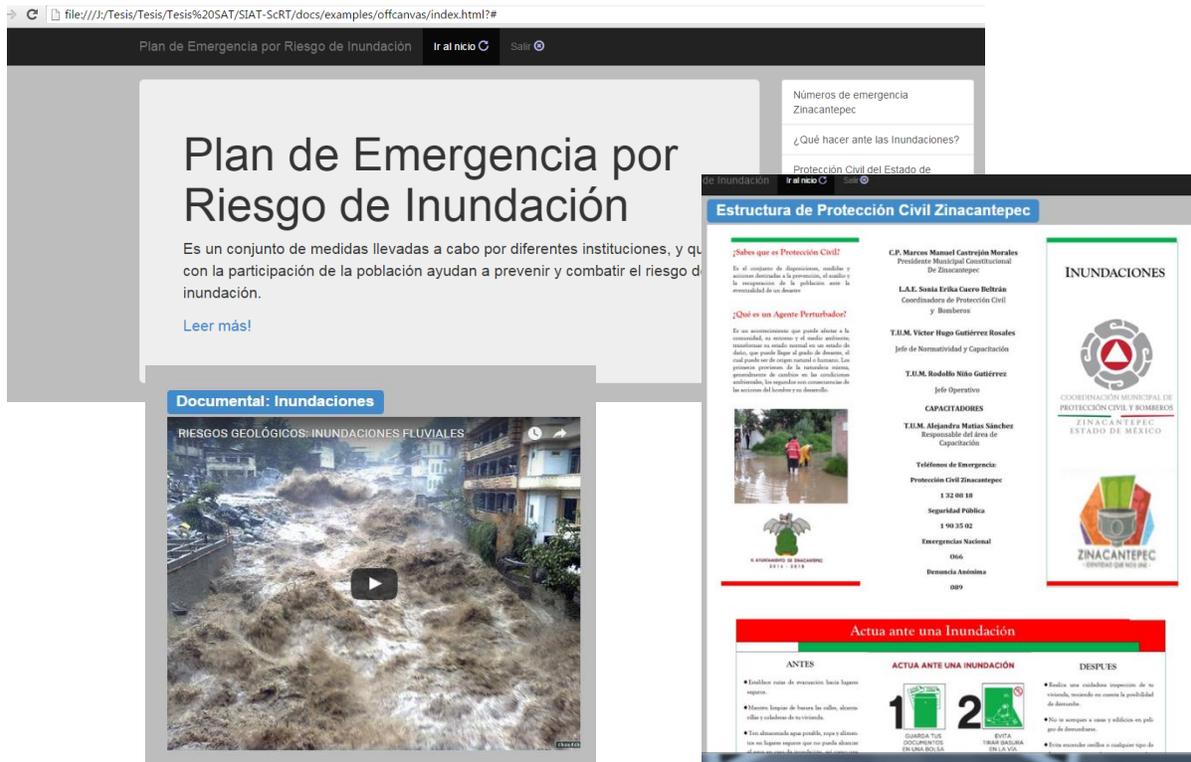


Figura. 34 Plan de Emergencias

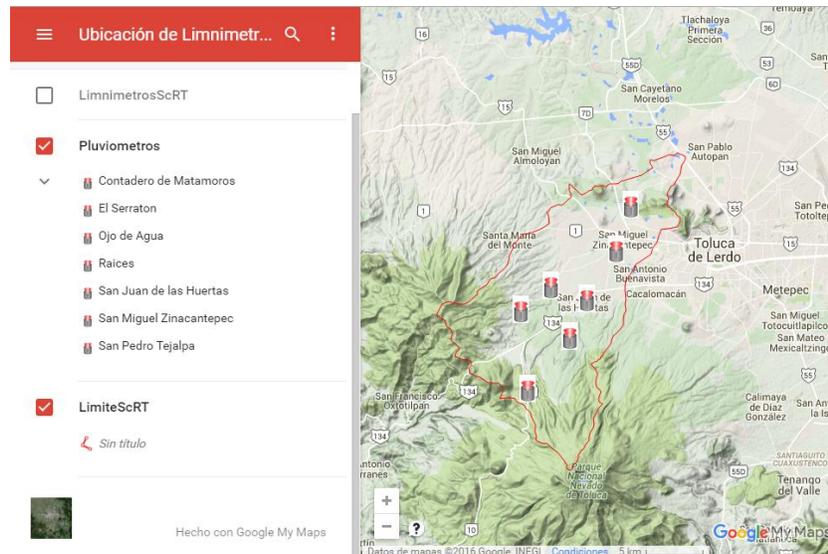
## 6.7 Propuesta del diseño de Sistema de Alerta Temprana

### 6.7.1 Ubicación de Pluviómetros en la subcuenca del Río Tejalpa

Para definir la ubicación de los pluviómetros en la subcuenca del río Tejalpa, se llevó a cabo un análisis geográfico que permitiera una adecuada colocación, donde a partir de ciertas características físicas como:

- Que no exista obstáculos (árboles, casas, edificios, etc).
- que se encuentren a una distancia considerable donde permita su lectura con fácil acceso por parte de la población.
- Que se encuentre en un lugar con alta probabilidad de que exista una lluvia considerable, que permita una buena lectura pluvial.

De esta manera, el sistema de monitoreo de los pluviómetros es de suma importancia, ya que a partir de ellos permite dar a conocer un diagnóstico del comportamiento de la lluvia, que en su momento puede causar daños a la población mediante una inundación aguas abajo.



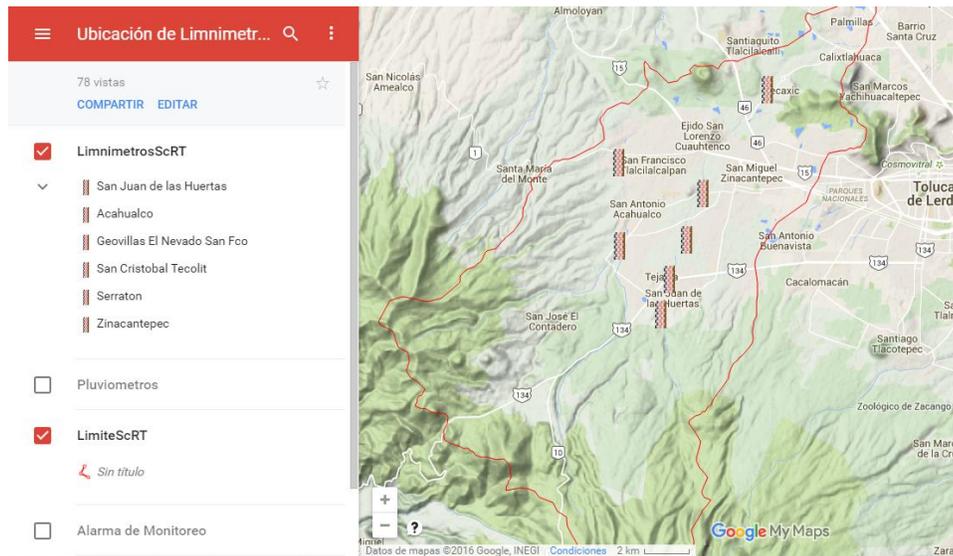
*Figura. 35 Ubicación de los Pluviómetros.  
Elaboración Propia.*

### 6.7.2 Ubicación de Limnímetros en la subcuenca del Río Tejalpa

Los limnímetros debes estar colocados en una fracción del cauce, esto permite la lectura de los niveles del rio, con la finalidad de identificar una altura mayor de lo que el cauce puede llevar de agua. La ubicación de los limnímetros se realiza mediante el análisis fisco-geográfico, donde se tomaran las características como:

- a) La sección del rio debe ser lo más recto posible.
- b) Las paredes del rio deben ser lo menos erosivas posibles y debe de contener una estructura dura (construcción de puentes, retención del suelo, barda ante erosión, etc.) que permita la colocación de la escala limnimetrica.
- c) La escala debe estar graduada acorde a una medida métrica (metros, centímetros y milímetros), con el propósito de que el usuario pueda dar aviso a las autoridades correspondientes el nivel del cauce.

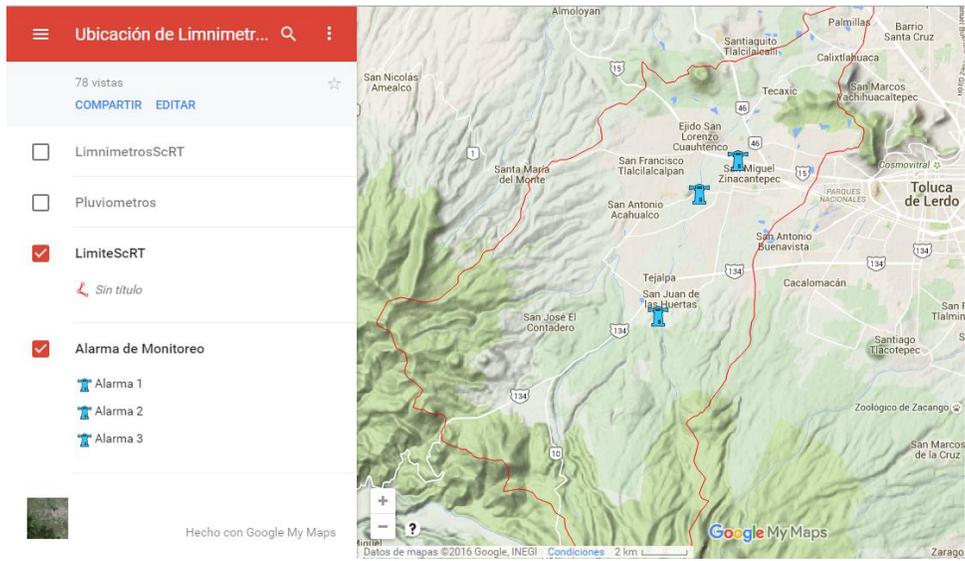
- d) Deben de estar colocadas cerca de casas habitación, para que el usuario monitoree los niveles del río.



*Figura. 36 Ubicación de los Limnímetros.  
Elaboración Propia.*

### 6.7.3 Ubicación de Alarmas en la subcuenca del Río Tejalpa

La ubicación de alarmas que alerten a la población ante una inundación se lleva a cabo mediante un análisis espacial, donde se toma en cuenta la población cercana al cause; así como la infraestructura que puede ser afectada, la ubicación de las alarmas permite alertar a la población a una cierta distancia (5 km aproximadamente); estarán conectadas las tres alarmas en tiempo real, activándose con un desfase de tiempo de 2 minutos; con la finalidad de que se propague el sonido ante la población y aguas abajo.



*Figura. 37 Ubicación de Alarmas.  
Elaboración Propia*

# CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 7.1 Conclusiones

El sistema de alerta temprana permite la visualización del riesgo por inundación en la subcuenca del río Tejalpa, lo que permite prevenir a las localidades como: Colonia la Deportiva, Barrio Barbabosa, Colonia Ojuelos, Nueva Serraton, Samarrero, Barrio Santa María, San Juan de las Huertas, Santa Cruz Cuauhtenco, quienes presentan mayor área de inundación. Así mismo se presentan encharcamientos viales en la calle 16 de Septiembre, Circuito Vía Acahualco, Avenida Adolfo López Mateos y carretera a Almoloya de Juárez; siendo las principales vías de comunicación del municipio de Zinacantepec. De igual forma, este sistema tiene la finalidad de apoyar a la población más expuesta al riesgo por inundación y los lugareños estén más preparados en caso de que exista un fenómeno de esta naturaleza y que los organismos encargados de la prevención puedan reaccionar y tomar decisiones claras y eficaces ante una emergencia de inundación.

Las áreas más vulnerables a inundación en la subcuenca del río Tejalpa en el municipio de Zinacantepec corresponden a las localidades de Barrio San Miguel, sobre la Av. 16 de Septiembre, Colonia la Deportiva en Boulevard Adolfo López Mateos, Barrio Barbabosa, históricamente se ha diferenciado por las afectaciones que se generan en las viviendas de la población. En este sentido la propuesta del diseño de alerta temprana permite identificar las zonas vulnerables a inundación con la finalidad de que las autoridades puedan tomar decisiones ante la ordenación del territorio, mismas que ayuden a la gestión de propuestas que auxilien a la población más expuesta ante una inundación.

En diseño de alerta temprana contra inundaciones muestra las zonas más vulnerables a inundación; lo que el sistema ayuda a identificar los alberges que pueden ser asignados para alojar a la población más expuesta al riesgo por inundación; los alberges con los que cuenta el municipio de Zinacantepec son: Raíces, Loma Alta, La puerta del Monte, La Peñuela, Santa María del Monte y Barrio el Calvario (Cabecera Municipal); cada albergue cubre un radio desde 100 metros a 5 kilómetros, esto con la finalidad de que la población pueda ser trasladada de manera oportuna y eficaz al albergue más cercano y sin ser dañada por la inundación. Así mismo, la dependencia de protección civil tiene la capacidad de dar mantenimiento a las instalaciones para que este pueda ser utilizado de la mejor manera, y en su caso puede reubicar o abrir un albergue provisional para enfrentar la emergencia presentada.

En el estudio realizado se ha llegado a la conclusión que es extremadamente difícil resolver los problemas de las inundaciones, solo con obras de infraestructura física, ya que se debería mejorar las políticas públicas que permitan lograr mayores beneficios en materia de protección frente al riesgo de las inundaciones, la aplicación de una metodología que permita cuantificar los daños directos en los costos económicos ante una inundación en zonas habitacionales o agrícolas pueden ser de gran ayuda para la toma de decisiones, por lo que es necesario formular acciones integradas enfocadas a la moderación de las crecidas a través de actividades de prevención, mitigación y recuperación. Un modo de valorar los daños es implementar la metodología para la valoración económica de daños potenciales tangibles directos por inundación propuesta por Baró, J. et al, 2012.

Una manera de reducir los riesgos de desastre por inundación consiste en disminuir la vulnerabilidad haciendo énfasis en medidas estructurales e institucionales. Y evitar la construcción de viviendas y actividades humana en lugares que son zonas naturales de evacuación de agua. La cartografía temática referente al peligro y de riesgo debe de ser tomados en cuenta en los reglamentos sobre el uso de suelo y en caso de construir viviendas en esas zonas, requieren ser acondicionadas para que no se presenten daños estructurales

y económicos así como pérdidas humanas. La propuesta de diseño de alerta temprana permite integrar y definir la ubicación de pluviómetros, limnímetros y bocinas que preparen a la población ante una inundación; esto adquiere el funcionamiento eficaz que se podrá tomar medidas anticipadas y oportunas de preparación y respuesta en situaciones de emergencia en contra de las inundaciones. Con el SIATI-ScRT se logra la transmisión de datos pluviométricos en tiempo real, las lecturas de limnímetros que permita el pronóstico de crecidas para las zonas con riesgo de inundación.

## 7.2 Recomendaciones

Es fundamental la creación de especialistas en el tema de las inundaciones y aprovechando la experiencia del país crear o implementar instituciones u organizaciones en zonas con este tipo de riesgos. Así mismo estos especialistas deben de conocer todas las herramientas existentes, pero también deben de conocer el funcionamiento de las mismas, y verificar la calidad de los insumos que necesiten.

Desarrollar la capacidad de análisis del riesgo a nivel de todas las instituciones involucradas con la finalidad de tomar decisiones en el ordenamiento y desarrollo territorial referente a la subcuenca del río Tejalpa.

Realizar adecuaciones en la legislación a fin de que pueda ser aplicada en los planes de desarrollo de infraestructura y de uso del suelo, con la finalidad de prevenir las afectaciones a viviendas construidas en zonas susceptibles a inundación evitar la construcción de las mismas.

Las autoridades encargadas y vinculadas a salvaguardar la vida de las personas deben de otorgar los medios que permitan asegurar el acceso a la información sobre el riesgo de inundación, así mismo proporcionar a la población la capacidad de una pronta respuesta ante el desastre.

Las autoridades de Protección Civil, en coordinación con la dependencia de servicios públicos realicen campañas masivas de difusión y concientización a la población de la importancia de No tirar basura en calles y o lugares prohibidos. Así mismo implementar talleres comunitarios en donde se realicen simulacros, con el objetivo de hacer ver a la población de la importancia de conocer las medidas de prevención ante un riesgo, en específico el riesgo ante una inundación.

Llevar a cabo programas permanentes para el desazolve y limpieza de redes de alcantarillado, así como los causes del área, para que se permita mejorar el flujo de agua en estas redes.

## Bibliografía

- Arreola Muñoz, A. (S/F). *El Manejo Integral de Cuencas: Limitaciones de una Política sectorial para la gestión territorial del Agua*. Instituto para el desarrollo sustentable en Mesoamerica A.C.
- Ayala Carcedo, F. J., Olcina Cantos, J., Lain Huerta, L., & González Jiménez, A. (2006). *Riesgos Naturales y Desarrollo Sostenible. Impacto, Predicción y Mitigación*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.
- Baró, J., Calderón, G., Díaz Delgado, C., & Esteller, M. (2005). Cálculo de Daños Económicos Potenciales por Inundación en zonas habitacionales: un estudio de caso en el curso alto del río Lerma, Estado de México. *Quivera*, 76-96.
- Bitrán Bitrán, D. (2000). *Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el período 1980-99*. México: CENAPRED.
- Bremer, M., & Lara, C. (2001). *Proyecto de Atlas de Riesgo de Inundación de la ciudad de Monterrey*. México: Reporte ITESM Campus Monterrey.
- Cadona Arboleda, O. D. (2001). *Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos*.
- Calderón Aragón, G. (2001). *CONSTRUCCIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DEL DESASTRE*. México: Plaza y Valdez, S.A. de C.V.
- Calderon Aragon, G. (2001). *Construcción y reconstrucción del desastre; I: Antecedentes de los estudios del riesgo-desastre*. México.
- Calvo Garcia-Tornel, F. (1984). *La Geografía de los Riesgos*. Barcelona: GEOcritica.
- Carabias, J., & R. Landa. (2005). *Agua, Medio Ambiente y Sociedad, hacia la Gestión Integral de los Recursos Hídricos en México*. México: UNAM.
- Carbajo Ruiz, M. (s.f.). *Vizualizador de Información Geográfica*. España: instituto Geográfico Nacional.
- CENAPRED. (2001). *Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastre en México*. México.
- CENAPRED. (2013). *Faciculo, Inundaciones*. México: CENAPRED.
- CONAGUA. (2011). *Plan Estratégico de Desarrollo para el Establecimiento de un Sistema de Alerta Temprana para la Prevención de Inundaciones en el Valle de México*. México.
- Contribuyendo al desarrollo de una cultura del agua y la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. (2011). Lima, Peru: Global Water Partnership.

- Cruz Roja Paraguaya. (2010). *Guía de Acción Sistema de Alerta Temprana (SAT)*.
- Cutter, S. (1996). "Vulnerability to Environmental Hazards", *Progress in Human Geography* (Vol. Vol. 20).
- Díaz, C., & Isuhuaylas, G. (2001). *Análisis de gran visión de las inundaciones en la cuenca alta del río Lerma: caso de la Subcuenca del Río Tejalpa, Estado de México*. México, México: CIRA, Uaemex.
- EIRD. (2004). *Vivir con el Riesgo: Informe Mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres*.
- European Flood Awareness System*. (Junio de 2015). Recuperado el Junio de 2015, de European Flood Awareness System: [www.jrc.ec.europa.eu/research4u](http://www.jrc.ec.europa.eu/research4u)
- Gutiérrez Puebla, J., & Gould, M. (1994). *SIG: Sistema de Información Geográfica*. Madrid, España: Síntesis.
- H. Blodgett, R., & A. Keller, E. (2006). *Riesgos Naturales. Procesos de la Tierra como Riesgos, Desastres y Catástrofes*. España: Pearson, Prentice Hall.
- Hudson, P., & Colditz, R. (2003). Flood delineation in a large and complex alluvial valley, lower Pánuco basin. *Journal of Hydrology* 280.
- Jiménez Hernández, S., & Sánchez González, D. (2007). *Ordenación Urbana litoral y prevención ante desastres de Inundación, en los municipios de Tamaulipas, México*. . Tamaulipas: Facultad de Ingeniería "Arturo NArro Siller" Centro Universitario.
- Lavell, A. (2003). *La Gestión Local del Riesgo. Nociones y Presiones en torno al Concepto y la Práctica*. Guatemala: CEPREDANEC-PNUD.
- Ley general de Asentamientos Humanos. (2014). Ley general de Asentamientos Humanos. En C. d. Mexicanos, *Capítulo Primero Disposiciones Generales* (pág. 3). México.
- Llerena, C. A. (2003). *Servicios Ambientales de las Cuencas y Producción de agua, Conceptos, Valoración, Experiencias y sus posibilidades de aplicación en el Perú*. Perú.
- 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(3)*. México.
- Maskrey, A. (1993). *Los Desastres no son naturales*. Colombia: La Red.
- Ochara, J. (2007). Sistemas de Alerta temprana. Fotografía Actual y restos Futuros. *Cuadernos Internacionales De Tecnología para el desarrollo humano*.
- OEA. (2010). *Manual para el diseño, Instalación, Operación y mantenimiento de los sistemas Comunitarios de alerta Temprana ante Inundaciones*. Washington.

Pérez Luna, G., & Rubio Gutiérrez, H. (2012). *Estado del Arte en Pronóstico Hidrológico en México*. Acapulco, Guerrero.

*Proteccion Civil de Guanajuato*. (Junio de 2015). Obtenido de <http://proteccioncivil.guanajuato.gob.mx/>

Reglamento de la ley General De Proteccion Civil. (2014). Reglamento de la ley General De Proteccion Civil. En C. d. Union, *Disposiciones Generales* (pág. 31). México.

SEGOB-CENAPRED-SINAPROC-FONDEN. (2001-2006). *PROGRAMA ESPECIAL DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE*. México.

Servicio Hidrologico Nacional. (2009). *Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET)*. Obtenido de [www.snet.gob.sv](http://www.snet.gob.sv)

UNESCO ; OMM;. (2012). *Glosario Hidrológico Internacional*. Suiza.

UNESCO. (2010). *Conceptos y Herramientas sobre sistemas de alerta Temprana y gestion del riesgo para la comunidad educativa*.

UNESCO. (2011). *Manual Sistemas de Alerta Temprana, 10 Preguntas 10 Respuestas*. Panama: UNESCO.

UNESCO. (s.f.). [www.unesco.org](http://www.unesco.org). Obtenido de <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/San-Jose/pdf/Informe%20Final%20Honduras.pdf>

UNISDR. (2009). *Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres*. Obtenido de <http://www.unisdr.org/eng/terminology/UNISDR-Terminology-Spanish.pdf>

UNISDR. (2009). *Terminoñogía sobre Reducción de Desastres*. Ginebra, Suiza.

University Corporation for Atmospheric Research. (2012). *Guía de referencia para Sistemas de Alerta Teprana de crecidas repentinas 2012*. Obtenido de [http://www.meted.ucar.edu/hazwarnsys/haz\\_fflood\\_es.php](http://www.meted.ucar.edu/hazwarnsys/haz_fflood_es.php).

Westgate, K., & O´Keefe, P. (1976). *Poverty and Disaster*. New Society.

Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2004). *At Risk: Natural Hazards, People´s Vulnerability and Disasters*. Routledge, Londres.

World Vision. (2002). *Manual De Manejo de Cuencas*.