

En la siguiente Tabla 10.5.51 se presenta el tipo de vulnerabilidad de la vivienda ante inundaciones, para la localidad de **El Río (Santa Ana)**, municipio Jalpa de Méndez.

**Tabla 10.5-51.- Vulnerabilidad de la vivienda (El río-JALPA DE MÉNDEZ)**

Tipo de Vulnerabilidad		%
I	Muy Alta	0
II	Alta	0
III	<b>Media</b>	<b>56.41</b>
IV	Baja	43.59
V	Muy Baja	0

*10.5.3.4.7 Localidad: Vicente Guerrero 1ra. Sección*

La localidad **Vicente Guerrero 1ra. Sección**, municipio de Jalpa de Méndez, el tiempo aproximado para tipificar las viviendas fue de 4 días, dicha localidad cuenta con una población de 2,523 habitantes.

En la siguiente Tabla 10.5.52 se presenta el tipo de vulnerabilidad de la vivienda ante inundaciones, para la localidad de **Vicente Guerrero 1ra. Sección**, municipio Jalpa de Méndez.

**Tabla 10.5-52.- Vulnerabilidad de la vivienda (Vicente Guerrero 1ra. Sección-JALPA DE MÉNDEZ)**

Tipo de Vulnerabilidad		%
I	Muy Alta	0
II	Alta	3.45
III	<b>Media</b>	<b>71.73</b>
IV	Baja	23.44
V	Muy Baja	1.38

### 10.5.3.5 Localidades Municipio: Nacajuca

- Nacajuca
- Pomoca
- Bosque de Saloya
- La Selva
- Lomitas
- El cedro
- La libertad
- Saloya 2da. Sección
- Guatacalca
- Sandial
- Samarkanda
- Saloya 1ra. Sección
- Tapotzingo
- Guaytalpa

#### 10.5.3.5.1 Localidad: Nacajuca

La localidad **Nacajuca**, municipio de Nacajuca, el tiempo aproximado para tipificar las viviendas fue de 8 días, dicha localidad cuenta con una población de 12,656 habitantes.

En la siguiente Tabla 10.5.53 se presenta el tipo de vulnerabilidad de la vivienda ante inundaciones, para la localidad de **Nacajuca**, municipio Nacajuca.

**Tabla 10.5-53.- Vulnerabilidad de la vivienda (Nacajuca-NACAJUCA)**

Tipo de Vulnerabilidad		%
I	Muy Alta	0
II	Alta	0.14
III	Media	37.80
IV	Baja	55.90
V	Muy Baja	6.10

*10.5.3.5.2 Localidad: Pomoca*

La localidad **Pomoca**, municipio de Nacajuca, el tiempo aproximado para tipificar las viviendas fue de 12 días, dicha localidad cuenta con una población de 11,633 habitantes.

En la siguiente Tabla 10.5.54 se presenta el tipo de vulnerabilidad de la vivienda ante inundaciones, para la localidad de **Pomoca**, municipio Nacajuca.

**Tabla 10.5-54.- Vulnerabilidad de la vivienda (Pomoca-NACAJUCA)**

Tipo de Vulnerabilidad		%
I	Muy Alta	0
II	Alta	0
III	Media	0.23
IV	Baja	69.29
V	Muy Baja	30.48

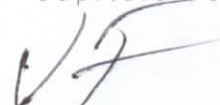
*10.5.3.5.3 Localidad: Bosque de Saloya*

La localidad **Bosque de Saloya**, municipio de Nacajuca, el tiempo aproximado para tipificar las viviendas fue de 9 días, dicha localidad cuenta con una población de 8,672 habitantes.

En la siguiente Tabla 10.5.55 se presenta el tipo de vulnerabilidad de la vivienda ante las inundaciones, para la localidad de **Bosque de Saloya**, municipio Nacajuca.

**Tabla 10.5-55.- Vulnerabilidad de la vivienda (Bosque de Saloya-NACAJUCA)**

Tipo de Vulnerabilidad		%
I	Muy Alta	0.25
II	Alta	0.75
III	Media	39.65



Tipo de Vulnerabilidad		%
IV	Baja	55.86
V	Muy Baja	3.49

#### 10.5.3.5.4 Localidad: La Selva

La localidad **La Selva**, municipio de Nacajuca, el tiempo aproximado para tipificar las viviendas fue de 9 días, dicha localidad cuenta con una población de 8,378 habitantes.

En la siguiente Tabla 10.5.56 se presenta el tipo de vulnerabilidad de la vivienda ante inundaciones, para la localidad de **La Selva**, municipio Nacajuca.

**Tabla 10.5-56.- Vulnerabilidad de la vivienda La selva-NACAJUCA)**

Tipo de Vulnerabilidad		%
I	Muy Alta	0
II	Alta	3.77
III	Media	53.77
IV	Baja	41.78
V	Muy Baja	0.68

#### 10.5.3.5.5 Localidad: Lomitas

La localidad **Lomitas**, municipio de Nacajuca, el tiempo aproximado para tipificar las viviendas fue de 4 días, dicha localidad cuenta con una población de 4,663 habitantes.

En la siguiente Tabla 10.5.57 se presenta el tipo de vulnerabilidad de la vivienda ante inundaciones, para la localidad de **Lomitas**, municipio Nacajuca.

**Tabla 10.5-57.- Vulnerabilidad de la vivienda (Lomitas-NACAJUCA)**

Tipo de Vulnerabilidad		%
I	Muy Alta	0
II	Alta	2.29
III	<b>Media</b>	<b>53.16</b>
IV	Baja	41.11
V	Muy Baja	3.44

10.5.3.5.6 Localidad: *El cedro*

La localidad **El cedro**, municipio de Nacajuca, el tiempo aproximado para tipificar las viviendas fue de 4 días, dicha localidad cuenta con una población de 4,594 habitantes.

En la siguiente Tabla 10.5.58 se presenta el tipo de vulnerabilidad de la vivienda ante inundaciones, para la localidad de **El cedro**, municipio Nacajuca.

**Tabla 10.5-58.- Vulnerabilidad de la vivienda (El cedro-NACAJUCA)**

Tipo de Vulnerabilidad		%
I	Muy Alta	0
II	Alta	0
III	<b>Media</b>	<b>15.48</b>
IV	<b>Baja</b>	<b>64.29</b>
V	Muy Baja	20.23

10.5.3.5.7 Localidad: *La libertad y Brisas del carrizal*

La localidad **La libertad**, municipio de Nacajuca, el tiempo aproximado para tipificar las viviendas fue de 4 días, dicha localidad cuenta con una población de 3, 700 habitantes. Cabe mencionar que también se realizó la Localidad de **Brisas del carrizal**, debido a que ésta localidad se encuentra justo entre las localidades evaluadas.

En la siguiente Tabla 10.5.59 se presenta el tipo de vulnerabilidad de la vivienda ante inundaciones, para la localidad de **La libertad**, municipio Nacajuca.

**Tabla 10.5-59.- Vulnerabilidad de la vivienda  
(La libertad y Brisas del Carrizal-NACAJUCA)**

Tipo de Vulnerabilidad		%
I	Muy Alta	0
II	Alta	2.70
III	Media	18.15
IV	Baja	59.45
V	Muy Baja	19.70

*10.5.3.5.8 Localidad: Saloya 2da. Sección*

La localidad **Saloya 2da. Sección**, municipio de Nacajuca, el tiempo aproximado para tipificar las viviendas fue de 4 días, dicha localidad cuenta con una población de 4,340 habitantes.

En la siguiente Tabla 10.5.60 se presenta el tipo de vulnerabilidad de la vivienda ante inundaciones, para la localidad de **Saloya 2da. Sección**, municipio Nacajuca.

**Tabla 10.5-60.- Vulnerabilidad de la vivienda (Saloya 2da. Sección-NACAJUCA)**

Tipo de Vulnerabilidad		%
I	Muy Alta	0.70
II	Alta	0.35
III	Media	32.29
IV	Baja	42.80
V	Muy Baja	23.86

10.5.3.5.9 Localidad: Guatacalca

La localidad **Guatacalca**, municipio de Nacajuca, el tiempo aproximado para tipificar las viviendas fue de 4 días, dicha localidad cuenta con una población de 3,903 habitantes.

En la siguiente Tabla 10.5.61 se presenta el tipo de vulnerabilidad de la vivienda ante las inundaciones, para la localidad de **Guatacalca**, municipio Nacajuca.

**Tabla 10.5-61.- Vulnerabilidad de la vivienda (Guatacalca-NACAJUCA)**

Tipo de Vulnerabilidad		%
I	Muy Alta	0
II	Alta	0.70
III	Media	45.45
IV	Baja	46.85
V	Muy Baja	7.00

10.5.3.5.10 Localidad: Sandial

La localidad **Sandial**, municipio de Nacajuca, el tiempo aproximado para tipificar las viviendas fue de 4 días, dicha localidad cuenta con una población de 4,072 habitantes.

En la siguiente Tabla 10.5.62 se presenta el tipo de vulnerabilidad de la vivienda ante inundaciones, para la localidad de **Sandial**, municipio Nacajuca.

**Tabla 10.5-62.- Vulnerabilidad de la vivienda (Sandial-NACAJUCA)**

Tipo de Vulnerabilidad		%
I	Muy Alta	0
II	Alta	4.39
III	Media	74.29
IV	Baja	21.32



Tipo de Vulnerabilidad		%
V	Muy Baja	0

10.5.3.5.11 Localidad: Samarkanda

La localidad **Samarkanda**, municipio de Nacajuca, el tiempo aproximado para tipificar las viviendas fue de 4 días, dicha localidad cuenta con una población de 4,062 habitantes.

En la siguiente Tabla 10.63 se presenta el tipo de vulnerabilidad de la vivienda ante las inundaciones, para la localidad de **Samarkanda**, municipio Nacajuca.

**Tabla 10.5-63.- Vulnerabilidad de la vivienda (Samarkanda- NACAJUCA)**

Tipo de Vulnerabilidad		%
I	Muy Alta	0
II	Alta	1.19
III	<b>Media</b>	<b>57.90</b>
IV	Baja	37.07
V	Muy Baja	3.84

10.5.3.5.12 Localidad: Saloya 1ra. Sección

La localidad **Saloya 1ra. Sección**, municipio de Nacajuca, el tiempo aproximado para tipificar las viviendas fue de 4 días, dicha localidad cuenta con una población de 3,583 habitantes.

En la siguiente Tabla 10.5.64 se presenta el tipo de vulnerabilidad de la vivienda ante inundaciones, para la localidad de **Saloya 1ra. Sección**, municipio Nacajuca.



**Tabla 10.5-64.- Vulnerabilidad de la vivienda (Saloya 1ra. Sección-NACAJUCA)**

Tipo de Vulnerabilidad		%
I	Muy Alta	0
II	Alta	2.80
III	<b>Media</b>	<b>62.80</b>
IV	Baja	33.46
V	Muy Baja	0.94

10.5.3.5.13 Localidad: *Tapotzingo*

La localidad **Tapotzingo**, municipio de Nacajuca, el tiempo aproximado para tipificar las viviendas fue de 4 días, dicha localidad cuenta con una población de 3,142 habitantes.

En la siguiente Tabla 10.5.65 se presenta el tipo de vulnerabilidad de la vivienda ante las inundaciones, para la localidad de **Tapotzingo**, municipio Nacajuca.

**Tabla 10.5-65.- Vulnerabilidad de la vivienda (Tapotzingo-NACAJUCA)**

Tipo de Vulnerabilidad		%
I	Muy Alta	0
II	Alta	0.30
III	<b>Media</b>	<b>56.49</b>
IV	Baja	42.90
V	Muy Baja	0.31

10.5.3.5.14 Localidad: *Guaytalpa*

La localidad **Guaytalpa**, municipio de Nacajuca, el tiempo aproximado para tipificar las viviendas fue de 2 días, dicha localidad cuenta con una población de 2,705 habitantes.

En la siguiente Tabla 10.5.66 se presenta el tipo de vulnerabilidad de la vivienda ante inundaciones, para la localidad de **Guaytalpa**, municipio Nacajuca.

**Tabla 10.5-66.- Vulnerabilidad de la vivienda (Guaytalpa-NACAJUCA)**

Tipo de Vulnerabilidad		%
I	Muy Alta	0
II	Alta	5.48
III	<b>Media</b>	<b>60.22</b>
IV	Baja	32.48
V	Muy Baja	1.82

**10.5.3.6 Localidades Municipio: Tacotalpa**

- Tacotalpa
- Tapijulapa

**10.5.3.6.1 Localidad: Tacotalpa**

Se presentan ejemplos de algunos tipos de vivienda para la localidad de **Tacotalpa**, municipio de Tacotalpa, con una población de 8,071 habitantes, el tiempo aproximado para realizar dicha actividad fue de 13 días.

En la siguiente Tabla 10.5.67 se presenta el tipo de vulnerabilidad de las viviendas ante inundaciones, para la localidad de **Tacotalpa**, municipio Tacotalpa.

**Tabla 10.5-67.- Vulnerabilidad de la vivienda (Tacotalpa-TACOTALPA)**

Tipo de Vulnerabilidad		%
I	Muy Alta	0
II	Alta	0.22
III	Media	32.88
IV	<b>Baja</b>	<b>65.52</b>

Tipo de Vulnerabilidad		%
V	Muy Baja	1.38

**10.5.3.6.2 Localidad: Tapijulapa**

Se presentan ejemplos de algunos tipos de vivienda para la localidad de **Tapijulapa**, municipio de Tacotalpa, para verificar el tipo de viviendas se realizó una visita de campo. Dicha localidad cuenta con una población de 2,921 habitantes, el tiempo aproximado para realizar esta actividad fue de 2 días.

En la siguiente **Tabla 10.5.68** se presenta el tipo de vulnerabilidad de las viviendas ante inundaciones, para la localidad de **Tapijulapa**, municipio Tacotalpa.

**Tabla 10.5-68.- Vulnerabilidad de la vivienda (Tapijulapa-TACOTALPA)**

Tipo de Vulnerabilidad		%
I	Muy Alta	0
II	Alta	0
III	Media	64.70
IV	Baja	31.37
V	Muy Baja	3.93

**10.5.3.7 Localidades Municipio: Teapa**

Las localidades consideradas para el municipio de Teapa mayores a 2,500 habitantes son:

- Teapa
- Juan Aldama

**10.5.3.7.1 Localidad Teapa:**

Se presentan ejemplos de algunos tipos de vivienda, para la localidad de **Teapa**, municipio Teapa, el tiempo aproximado para tipificar las viviendas fue de 26 días, Teapa cuenta con una población de 26,548 habitantes.

En la siguiente Tabla 10.5.69 se presenta el tipo de vulnerabilidad de la vivienda ante inundaciones, para la localidad de **Teapa**, municipio TEAPA.

**Tabla 10.5-69.- Vulnerabilidad de la vivienda (Teapa-TEAPA)**

Tipo de Vulnerabilidad		%
I	Muy Alta	0.17
II	Alta	8.00
III	Media	27.93
IV	Baja	59.15
V	Muy Baja	4.75

10.5.3.7.2 Localidad: Juan Aldama

Se presentan ejemplos de algunos tipos de vivienda, para la localidad de **Juan Aldama**, municipio Teapa, el tiempo aproximado para tipificar las viviendas fue de 4 días, Juan Aldama cuenta con una población de 3,735 habitantes.

En la siguiente Tabla 10.5.70 se presenta el tipo de vulnerabilidad de la vivienda ante inundaciones, para la localidad de **Juan Aldama**, municipio TEAPA.

**Tabla 10.5-70.- Vulnerabilidad de la vivienda (Juan Aldama-TEAPA)**

Tipo de Vulnerabilidad		%
I	Muy Alta	0
II	Alta	0
III	Media	38.64
IV	Baja	59.09
V	Muy Baja	2.27

Los mapas en formato electrónico se presentan en el anexo **A. 10.3 Mapas de Vulnerabilidad**.

A continuación se presenta en la siguiente Tabla 10.5.71 el orden de la numeración de los planos correspondientes a las localidades urbanas (mayores a 2500 habitantes); cabe hacer mención que en este subcapítulo se encuentran ordenados por municipio.

**Tabla 10.5-71.-Numeración de planos de Vulnerabilidad**

Municipio	No. de Plano	Localidad
<b>Centla</b>	10-183	1. Frontera
	10-184	2. Vicente Guerrero
	10-185	3. Cuauhtémoc
	10-186	4. Ignacio Allende
	10-187	5. Simón Sarlat
	10-188	6. Villahermosa
	10-189	7. Playas del Rosario (Subteniente García)
	10-190	8. Ocuilzapotlán
	10-191	9. Parrilla II
	10-192	10. Parrilla
	10-193	11. Tamulté de las Sabanas
	10-194	12. Medellín y Madero 2da. Sección
	10-195	13. Río Viejo 1ra. Sección
	10-196	14. Macultepec
	<b>Centro</b>	10-197
10-198		16. Guapinol
10-199		17. Buena Vista Río Nuevo 2da. Sección
10-200		18. La Lima
10-201		19. Buena Vista Río Nuevo 1ra. Sección
10-202		20. Medellín y Pigua 3ra. Sección
10-203		21. Ixtacomitán 1ra. Sección
10-204		22. Anacleto Canabal 2da. Sección
10-205		23. Fracc. Ocuilzapotlán Dos
10-206		24. Buena Vista Río Nuevo 3ra. Sección
10-207		25. Anacleto Canabal 1ra. Sección
10-208	26. Buena Vista 1ra. Sección	



ESTUDIO PARA EL PROYECTO HIDROLÓGICO PARA PROTEGER A LA  
POBLACION DE INUNDACIONES Y APROVECHAR MEJOR EL AGUA  
(PROHTAB)

Municipio	No. de Plano	Localidad
	10-209	27. Boquerón 1ra. Sección (San Pedro)
	10-210	28. González 1ra. Sección
	10-211	29. Boquerón 4ta. Sección (Laguna Nueva)
	10-212	30. Lázaro Cárdenas 2da. Sección
	10-213	31. Constitución
	10-214	32. Emiliano Zapata
	10-215	33. Acachapan y Colmena 1ra. Sección
	10-216	34. Anacleto Canabal 3ra. Sección
<b>Jalapa</b>	10-217	35. Jalapa
<b>Jalpa de Méndez</b>	10-218	36. Jalpa de Méndez
	10-219	37. Ayapa
	10-220	38. Jalupa
	10-221	39. Soyataco
	10-222	40. Iquinuapa
	10-223	41. El Río
	10-224	42. Vicente Guerrero 1ra. Sección
	10-225	43. Nacajuca
	10-226	44. Pomoca
	10-227	45. Bosque de Saloya
	10-228	46. La Selva
	10-229	47. Lomitas
	10-230	48. El Cedro
<b>Nacajuca</b>	10-231	49. Libertad
	10-232	50. Saloya 2da. Sección
	10-233	51. Guatacalca
	10-234	52. Sandial
	10-235	53. Samarkanda
	10-236	54. Saloya 1ra. Sección
	10-237	55. Tapotzingo
	10-238	56. Guaytalpa
<b>Tacotalpa</b>	10-239	57. Tacotalpa
	10-240	58. Tapijulapa
<b>Teapa</b>	10-241	59. Teapa
	10-242	60. Juan Aldama

#### 10.5.4 Conclusiones y resultados

Es importante señalar que la vulnerabilidad estimada y georeferenciada de las 60 localidades analizadas en el estado de Tabasco, 24 de ellas (40%) presentan una vulnerabilidad **MEDIA** y las 36 localidades restantes (60%) presentan un tipo de vulnerabilidad **BAJA**.

Cabe mencionar, que la localidad Luis Gil Pérez municipio CENTRO, aun cuando presenta en el análisis una vulnerabilidad MEDIA, en el mapa se logra visualizar los cinco tipos de vulnerabilidad, lo que nos indica que el tipo de viviendas donde requiere concentrar la atención son en las localidades que presentan un tipo de vulnerabilidad con una combinación 1 y tipo I y combinación 3 y tipo I, pues son las viviendas que se verían más afectadas. Es importante mencionar que en la parte sur de la localidad se localizan viviendas con muros de lámina de cartón o material de desechos y techos de lámina de cartón o lámina metálica. Finalmente la ubicación de la localidad la convierte en vulnerable en algunos puntos, por la ubicación en medio del lago *El Pueblo* y la laguna *Huaspacal*.

Enseguida se muestra un ejemplo de mapa de Vulnerabilidad para la localidad Frontera, municipio Centla. Los demás mapas de vulnerabilidad correspondientes a otras localidades, podrán ser consultados electrónicamente en el anexo correspondiente con la numeración de la Tabla 10.5.71, presentada anteriormente.

## 10.6 Elaboración de Mapas de Riesgo

Para la evaluación del riesgo por inundación se utiliza como información de entrada los mapas de peligro y vulnerabilidad, dada la definición de riesgo:

$$R = CVP$$

Donde:

*R* Riesgo.

*C* Valor de los bienes expuestos.

*P* Peligro o probabilidad de que ocurra un determinado evento.

*V* Vulnerabilidad o porcentaje de daños en una vivienda, debidos a una inundación.

Valor de los bienes expuestos.

El valor de los bienes expuestos se obtuvo considerando el valor comercial de bienes que en promedio tienen las viviendas, se tomaron en cuenta cinco tipos de vivienda, que corresponden a cada tipo de vulnerabilidad, expuestos en el capítulo 10.5.

Peligro o probabilidad de que ocurra un determinado evento.

La probabilidad de ocurrencia para cada mapa de peligro está dada por su periodo de retorno, la probabilidad es  $\frac{1}{T_r}$ .

Vulnerabilidad o porcentaje de daños en una vivienda, debidos a una inundación.

El porcentaje de daños en una vivienda es una función del peligro, el CENAPRED elaboró cinco funciones para cada tipo de vulnerabilidad, las cuales se muestran a continuación.



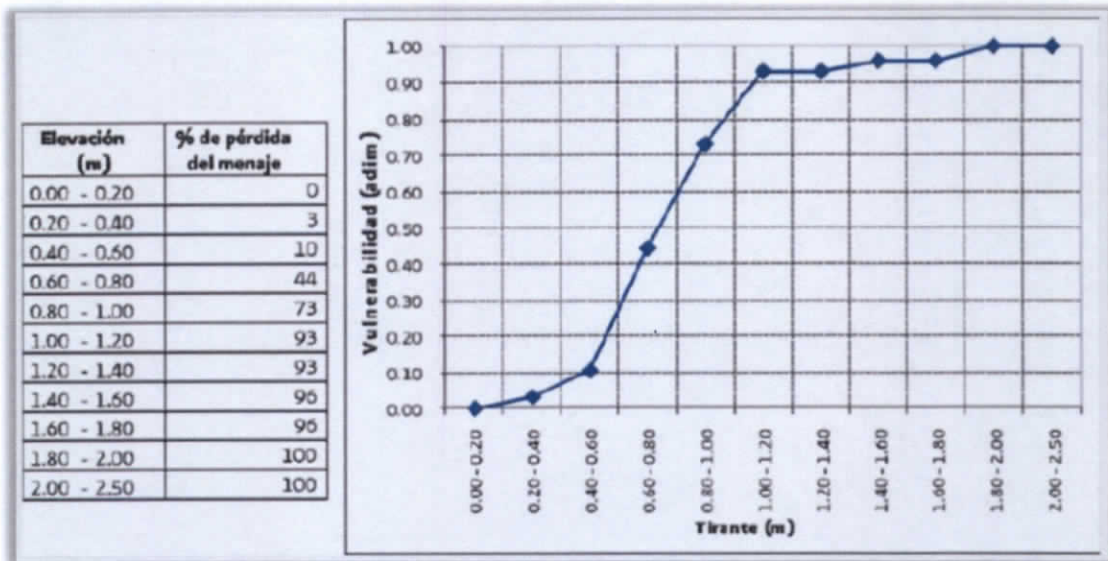


Figura.-10.6.1 Función de vulnerabilidad para viviendas tipo I. Elaboración CENAPRED.

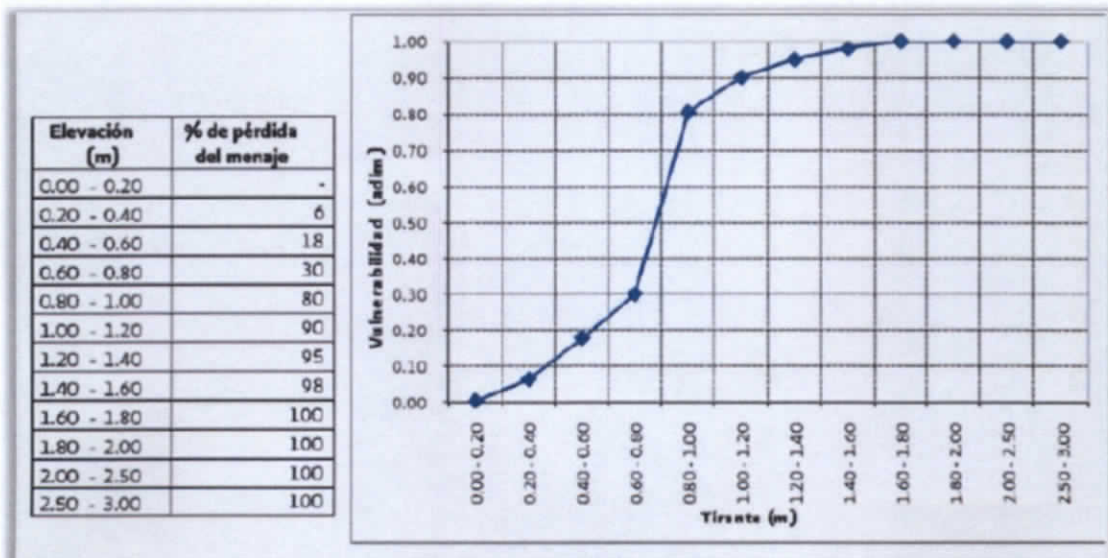


Figura.-10.6.2 Función de vulnerabilidad para viviendas tipo II. Elaboración CENAPRED.

ESTUDIO PARA EL PROYECTO HIDROLÓGICO PARA PROTEGER A LA POBLACIÓN DE INUNDACIONES Y APROVECHAR MEJOR EL AGUA (PROHTAB)

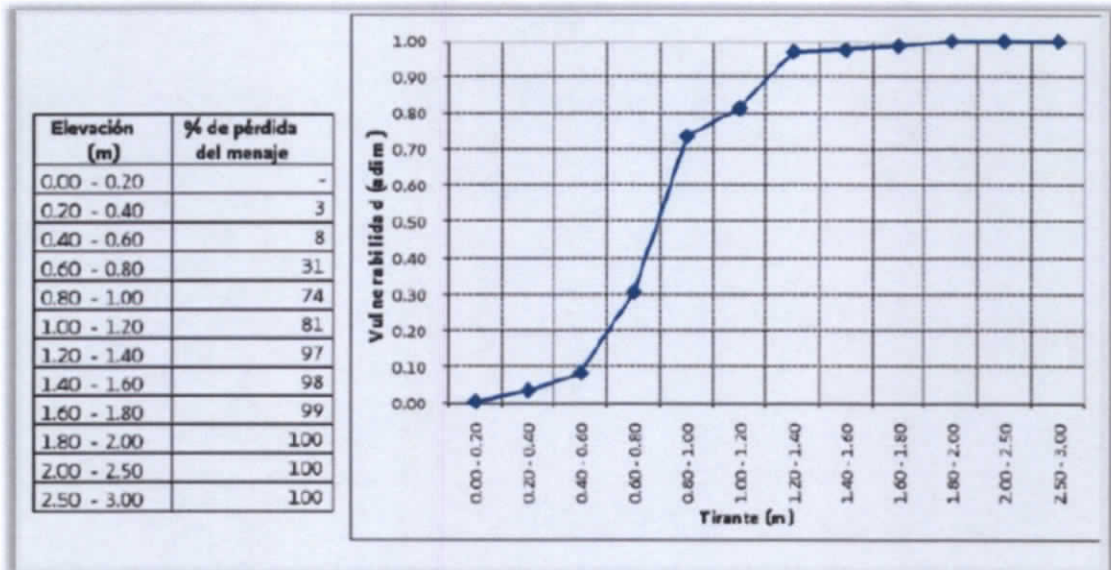


Figura.-10.6.3 Función de vulnerabilidad para viviendas tipo III. Elaboración CENAPRED.

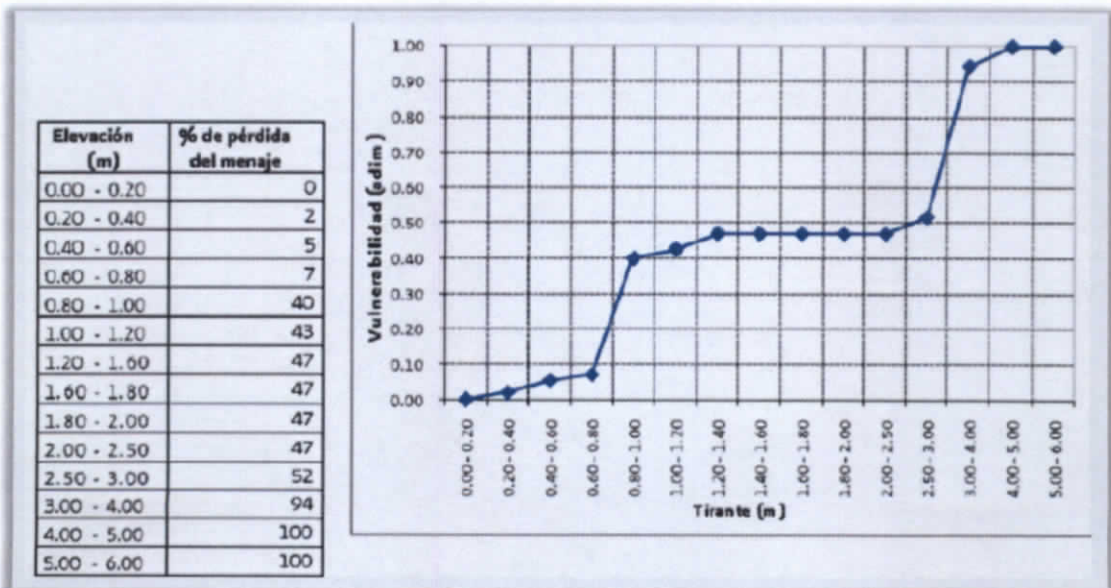


Figura.-10.6.4 Función de vulnerabilidad para viviendas tipo IV. Elaboración CENAPRED.

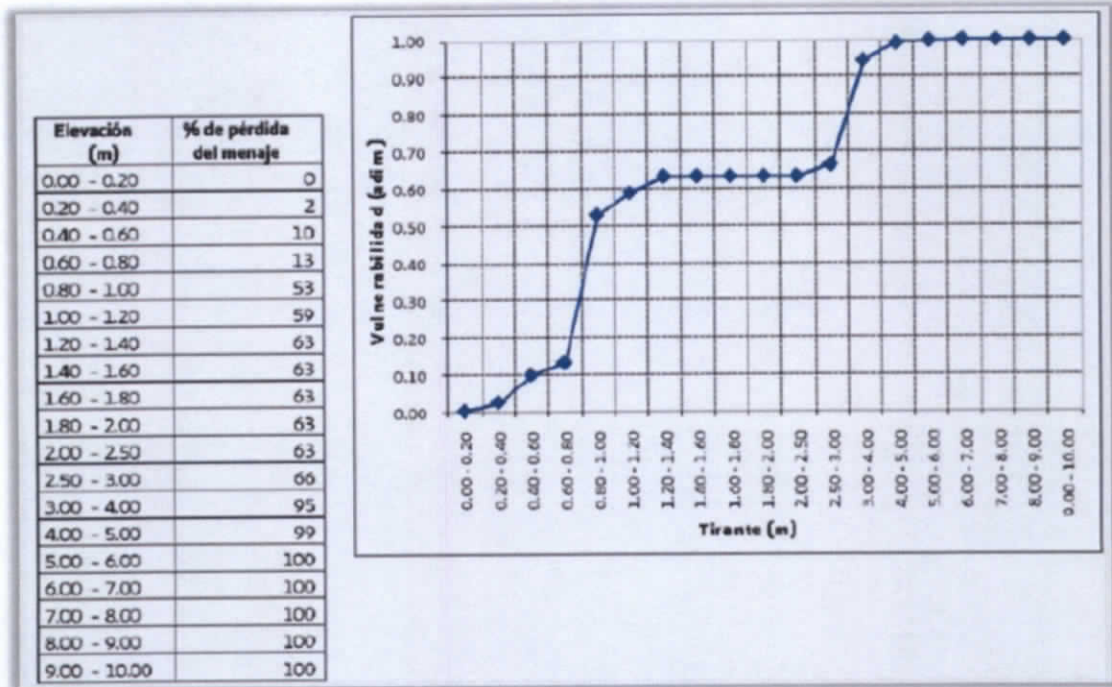


Figura.-10.6.5 Función de vulnerabilidad para viviendas tipo V. Elaboración CENAPRED.

Los mapas de vulnerabilidad y peligro se introdujeron como matrices al programa MATLAB, en donde, mediante un código, identifica el tipo de vulnerabilidad para aplicar una de las cinco funciones de vulnerabilidad en el mapa de peligro y obtener un porcentaje de pérdida de daños (V) para después multiplicar por el costo de la vivienda y la probabilidad de ocurrencia, el código utilizado se muestra en la Figura 10.5.6.

ESTUDIO PARA EL PROYECTO HIDROLÓGICO PARA PROTEGER A LA  
POBLACIÓN DE INUNDACIONES Y APROVECHAR MEJOR EL AGUA  
(PROHTAB)

```
1 -   clc
2 -   clear
3 -   Tr=1/1000;
4 -   load('e1.txt');
5 -   load('e2.txt');
6 -   load('e3.txt');
7 -   load('e4.txt');
8 -   load('e5.txt');
9 -   load('pp1.txt');
10 -  load('pp2.txt');
11 -  load('pp3.txt');
12 -  load('pp4.txt');
13 -  load('pp5.txt');
14 -  load('vuljalapa.txt');
15 -  load('peligrojalapa1000.txt');
16 -  vuljalapa=round(vuljalapa);
17 -  [f,c]=size(vuljalapa); (vuljalapa);
18 -  for i=1:f
19 -      for j=1:c
20 -          switch vuljalapa(i,j)
21 -              case 1
22 -                  R(i,j)=interp1(e1,pp1,peligrojalapa1000(i,j))*17350*Tr;
23 -              case 2
24 -                  R(i,j)=interp1(e2,pp2,peligrojalapa1000(i,j))*90075*Tr;
25 -              case 3
26 -                  R(i,j)=interp1(e3,pp3,peligrojalapa1000(i,j))*162800*Tr;
27 -              case 4
28 -                  R(i,j)=interp1(e4,pp4,peligrojalapa1000(i,j))*387900*Tr;
29 -              case 5
30 -                  R(i,j)=interp1(e5,pp5,peligrojalapa1000(i,j))*613000*Tr;
31 -              otherwise
32 -                  R(i,j)=-9999;
33 -          end
34 -      end
35 -  end
36
```

Figura.-10.6.6 Código para elaborar los mapas de riesgo.

Se elaboraron 140 mapas de riesgo para las distintas localidades urbanas (mayores a 2500 habitantes) para los siguientes periodos de retorno (Tr 2, Tr 5, Tr 50, Tr 100, Tr 500 y Tr 1000).

En la tabla 10.6-1 se enlistan las 60 localidades urbanas del estado de Tabasco, indicando la población para los años 2012 y 2013.

**Tabla 10.6-1.- Localidades urbanas (población mayor a 2,500 habitantes)<sup>29</sup>**

	Municipio	No. de localidad	Localidad	Población (2012)	Población (2013)
1	Centla	1	Frontera	22,580	22,413
2	Centla	61	Vicente Guerrero	8,347	8,406
3	Centla	15	Cauhtémoc	3,555	3,529
4	Centla	35	Ignacio Allende	3,376	3,351
5	Centla	56	Simón Sarlat	3,015	2,993
6	Centro	1	Villahermosa	355,258	353,571
7	Centro	166	Playas del Rosario (Subteniente García)	24,802	26,210
8	Centro	214	Ocuilzapotlán	19,916	20,623
9	Centro	264	Parrilla II	12,424	13,130
10	Centro	145	Parrilla	9,710	9,664
11	Centro	183	Tamulté de las Sabanas	9,224	9,364
12	Centro	129	Medellín y Madero 2da. Sección	8,865	9,368
13	Centro	160	Río Viejo 1ra. Sección	7,382	7,679
14	Centro	176	Macultepec	6,516	6,485
15	Centro	123	Luis Gil Pérez	6,262	6,308
16	Centro	146	Guapinol	6,032	6,125
17	Centro	66	Buena Vista Río Nuevo 2da. Sección	6,503	6,872
18	Centro	206	La Lima	5,896	5,987

<sup>29</sup> FUENTE: <http://www.inegi.org.mx/>  
<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/default.aspx>  
<http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones>  
[http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones Datos](http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos)

Municipio	No. de localidad	Localidad	Población (2012)	Población (2013)
19	Centro	Buena Vista Río Nuevo 1ra. Sección	6,152	6,387
20	Centro	Medellín y Pigua 3ra. Sección	5,956	6,143
21	Centro	Ixtacomitán 1ra. Sección	5,650	5,823
22	Centro	Anacleto Canabal 2da. Sección	5,838	6,169
23	Centro	Fracc. Ocuilzapotlán Dos	5,296	5,597
24	Centro	Buena Vista Río Nuevo 3ra. Sección	4,576	4,725
25	Centro	Anacleto Canabal 1ra. Sección	4,422	4,673
26	Centro	Buena Vista 1ra. Sección	3,019	3,005
27	Centro	Boquerón 1ra. Sección (San Pedro)	3,115	3,171
28	Centro	González 1ra. Sección	3,310	3,498
29	Centro	Boquerón 4ta. Sección (Laguna Nueva)	3,284	3,471
30	Centro	Lázaro Cárdenas 2da. Sección	2,974	3,068
31	Centro	Constitución	2,791	2,807
32	Centro	Emiliano Zapata	20,888	21,237
33	Centro	Acachapan y Colmena 1ra. Sección	2,769	2,827

V.F.

Municipio		No. de localidad	Localidad	Población (2012)	Población (2013)
34	Centro	35	Anacleto Canabal 3ra. Sección	2,933	3,100
35	Jalapa	1	Jalapa	5,091	5,118
36	Jalpa de Méndez	1	Jalpa de Méndez	15,756	15,706
37	Jalpa de Méndez	3	Ayapa	5,817	5,878
38	Jalpa de Méndez	21	Jalupa	4,855	4,858
39	Jalpa de Méndez	36	Soyataco	4,322	4,445
40	Jalpa de Méndez	19	Iquinuapa	2,861	2,820
41	Jalpa de Méndez	31	El Río	2,634	2,655
42	Jalpa de Méndez	43	Vicente Guerrero 1ra. Sección	2,642	2,691
43	Nacajuca	1	Nacajuca	12,291	12,656
44	Nacajuca	88	Pomoca	11,471	11,633
45	Nacajuca	62	Bosque de Saloya	8,725	8,672
46	Nacajuca	69	La Selva	8,214	8,378
47	Nacajuca	17	Lomitas	4,572	4,663
48	Nacajuca	6	El Cedro	4,352	4,594
49	Nacajuca	16	Libertad	3,722	3,700
50	Nacajuca	25	Saloya 2da. Sección	4,112	4,340
51	Nacajuca	13	Guatacalca	3,828	3,903
52	Nacajuca	28	Sandial	3,863	4,072
53	Nacajuca	27	Samarkanda	3,849	4,062
54	Nacajuca	24	Saloya 1ra. Sección	3,395	3,583
55	Nacajuca	63	Tapotzingo	3,083	3,142
56	Nacajuca	14	Guaytalpa	2,674	2,705
57	Tacotalpa	1	Tacotalpa	8,182	8,218
58	Tacotalpa	60	Tapijulapa	2,895	2,875

Municipio	No. de localidad	Localidad	Población (2012)	Población (2013)
59	Teapa	1	Teapa	26,329
60	Teapa	17	Juan Aldama	3,663

Los mapas de Severidad en formato electrónico se presentan en el anexo **A. 10.4 Mapas de Riesgo**. A continuación se presenta en la siguiente Tabla 10.6.2 el orden de la numeración de los planos correspondientes a las localidades urbanas (mayores a 2500 habitantes) para distintos periodos de retorno. Las localidades que no presentan mapas de riesgo, son aquellas que no inundan.

**Tabla 10.6-2.-Numeración de planos de Vulnerabilidad**

No. DE PLANO	Localidades	Tr
10-243-A-B		Tr 2
10-244	1.- Buena Vista Río Nuevo 1ra. Sección	Tr 5
10-245-C	2.- Buena Vista Río Nuevo 2da. Sección	Tr 10
10-246-D	3.- Buena Vista Río Nuevo 3ra. Sección	Tr 50
10-247-E	4.- Lázaro Cárdenas 2da. Sección	Tr 100
10-248-F	5.- Anacleto Canabal 2da. Sección	Tr 500
10-249-G	6.- González 1ra. Sección	Tr 1000
10-250		Tr 2
10-251	7.- Cuauhtémoc	Tr 5
10-252	8.- Vicente Guerrero	Tr 10
10-253-D	9.- Ignacio Allende	Tr 50
10-254-E-M	10.- Simón Sarlat	Tr 100
10-255-F-N		Tr 500
10-256-G-Ñ		Tr 1000
10-257-A		Tr 2
10-258-B		Tr 5
10-259-C	11.- Frontera	Tr 10
10-260-D		Tr 50
10-261-E		Tr 100
10-262-F		Tr 500



No. DE PLANO	Localidades		Tr
10-263-G			Tr 1000
10-264			Tr 2
10-265			Tr 5
10-266			Tr 10
10-267	Jalapa	12.- Jalapa	Tr 50
10-268			Tr 100
10-269			Tr 500
10-270			Tr 1000
10-271-I-P		13.- Ayapa	Tr 2
10-272-J-Q		14.- Iquiuapa	Tr 5
10-273-K-R		15.- Soyataco	Tr 10
10-274-D-L-S		16.- Vicente Guerrero 1ra. Sección	Tr 50
10-275-E-M-T		17.- Jalpa de Méndez	Tr 100
10-276-F-N-U	Jalpa- Nacajuca	18.- El Río (Santa Ana)	Tr 500
10-277-G-O-V		19.- Jalupa	Tr 1000
		20.- Nacajuca	
		21.- Guatacalca	
		22.- Guaytalpa	
		23.- Tapotzingo	
10-278			Tr 2
10-279			Tr 5
10-280			Tr 10
10-281	Juan Aldama	24.- Juan Aldama	Tr 50
10-282			Tr 100
10-283			Tr 500
10-284			Tr 1000
10-285-A-I		25.- Saloya 1ra. Sección	Tr 2
10-286-B-J		26.- Saloya 2da. Sección	Tr 5
10-287-C-K	Medellín	27.- Pomoca	Tr 10
10-288-D-L-S		28.- Medellín y Pigüa 3ra. Sección	Tr 50
10-289-E-M-T		29.- Constitución	Tr 100

*VF*

No. DE PLANO	Localidades	Tr
10-290-F-N-U	30.- Macultepec	Tr 500
10-291-G-Ñ-V	31.- Ocuiltzapotlán	Tr 1000
	32.- Fracc. Ocuiltzapotlán Dos	
	33.- Medellín y Madero 2da. Sección	
	34.- Tamulté de las Sabanas	
	35.- Buena Vista 1ra. Sección	
	36.- Sandial	
10-292		Tr 2
10-293	37.- Parrilla II	Tr 5
10-294	38.-Playas del Rosario	Tr 10
10-295	Parrillas 39.-Parrilla	Tr 50
10-296	40.- La Lima	Tr 100
10-297	41.- Guapinol	Tr 500
10-298		Tr 1000
10-299		Tr 2
10-300		Tr 5
10-301		Tr 10
10-302	Tacotalpa 42.- Tacotalpa	Tr 50
10-303		Tr 100
10-304		Tr 500
10-305		Tr 1000
10-306		Tr 2
10-307		Tr 5
10-308		Tr 10
10-309	Tapijulapa 43.- Tapijulapa	Tr 50
10-310		Tr 100
10-311		Tr 500
10-312		Tr 1000
10-313	Teapa 44.- Teapa	Tr 2
10-314		Tr 5

No. DE PLANO	Localidades	Tr
10-315		Tr 10
10-316		Tr 50
10-317		Tr 100
10-318		Tr 500
10-319		Tr 1000
10-320		Tr 2
10-321		Tr 5
10-322		Tr 10
10-323-D	Viejo Mezcalapa	45.- Luis Gil Pérez Tr 50
10-324-E		46.- Boquerón 1ra. Sección (San Pedro) Tr 100
10-325-F		Tr 500
10-326-G		Tr 1000
10-327-A-I		47.- Villahermosa Tr 2
10-328-B-J		48.- Anacleto Canabal 3ra. Sección Tr 5
10-329-C-K		49.- Emiliano Zapata Tr 10
10-330-D-L-S		50.- Bosque de Saloya Tr 50
10-331-E-M-T		51.- La Selva Tr 100
10-332-F-N-U		52.- La Libertad Tr 500
10-333-G-Ñ-V	Villahermosa	53.- El Cedro Tr 1000
		54.- Samarkanda
		55.- Acachapan y Colmena 1ra Sección
		56.- Anacleto Canabal 1ra. Sección
		57.- Ixtacomitán 1ra. Sección
		58.- Río Viejo 1ra. Sección
		59.- Lomitas
		60.-Boquerón 4ta. Sección (Laguna Nueva)

Enseguida se muestra un ejemplo de mapa de Riesgo para la localidad Frontera, municipio Centla, para un Tr=100 años. Los demás mapas de riesgo correspondientes a otras

*VJ*

localidades y otros periodos de retorno, podrán ser consultados electrónicamente en el anexo correspondiente con la numeración de la Tabla 10.6.2

# ESTUDIO PARA EL PROYECTO HIDROLÓGICO PARA PROTEGER A LA POBLACIÓN DE INUNDACIONES Y APROVECHAR MEJOR EL AGUA (PROHTAB)



SA



**SIMBOLOGÍA**

<b>Índice de Riesgo</b>	▲ Unidad Básica U.1000m
0 a 1000	Carretera
1000 a 2000	
2000 a 3000	
3000 a 10000	
MSP (metros de ssnm)	

**NOTAS**

Parámetros cartográficos de la zona base. Parámetros cartográficos de la zona de estudio (reproducible).

Proyección: Universal Transversa de Mercator	Proyección: Universal Transversa de Mercator
Escala zona: 1:50000	Escala zona: 1:50000
Altitud zona: 40	Altitud zona: 40
Factor de escala: 0.5000	Factor de escala: 0.5000
Fecha: 00/00/00	Fecha: 00/00/00

Carta sobre el proceso de elaboración de mapas digitales de riesgo de inundación para el periodo de retorno de 100 años que involucra actividades de coordinación y comunicación entre autoridades para la gestión integrada de recursos.

Los datos que se presentan corresponden a una actualización de los datos.

La elaboración de mapas de riesgo por inundación requiere como información de entrada de resultados de los mapas de riesgo o cartografía, de los mapas de riesgo.

Clasificación de riesgo:

- A = Riesgo
- B = Riesgo
- C = Riesgo
- D = Riesgo
- E = Riesgo

Los mapas de riesgo serán elaborados por los niveles digitales de elevación cartografiados por el INEGI (1:50,000) en caso de requerir mayor precisión deberá realizarse levantamiento a escala de 1:5000.



**COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA**

Autoridad nacional de planeación y programación económica y financiera del sector público y del sector privado.

Mapa de Riesgo	Clase
Periodo de retorno de 100 años	
Entidad: Chiapas	Municipio: Frontera
Localidad: Frontera	Área: 1.00.000

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO** INSTITUTO DE INGENIERÍA

**ÁREA DE HIDROLOGÍA**

**UNAM**

## 10.7 Cálculo del Daño Anual Esperado (DAE)

Las pérdidas anuales por inundación de viviendas se calculan como la esperanza matemática de las pérdidas que este acontecimiento provoca. Por lo que se multiplican las probabilidades de ocurrencia de las inundaciones por el costo de los daños que causa y se suman estos productos (Fuentes, 2012).

El DAE se define de la siguiente manera.

$$DAE = \sum_{i=1}^m C_j P_{ij} V_i$$

Donde

$i$  Periodo de retorno por analizar.

$C_j$  Costo de la vivienda  $j$ .

$P_{ij}$  Probabilidad de ocurrencia de determinado evento para el periodo de retorno  $i$  para la vivienda  $j$ .

$V_i$  Vulnerabilidad o porcentaje de daños en una vivienda, debidos a una inundación, analizado en periodo de retorno  $i$ .

Para obtener el DAE, mediante álgebra de mapas, se sumaron los cuatro mapas de riesgo, de los cuatro periodos de retorno que se analizaron.

Se elaboraron 38 mapas del Daño Anual Esperado (DAE) para las distintas localidades urbanas (mayores a 2500 habitantes). Los mapas de DAE en formato electrónico se presentan en el anexo **A. 10.5 Mapas del Daño Anual Esperado (DAE)**.

A continuación se presenta en la siguiente Tabla 10.7.1 el orden de la numeración de los planos correspondientes al Daño Anual Esperado de las localidades urbanas (mayores a 2,500 habitantes). Las localidades que no presentan mapas del Daño Anual Esperado (DAE), son aquellas que no se inundan.

**Tabla 10.7-1.-Numeración de planos de Severidad**

No. de Plano	Localidad
10-334	1.- Playas de Rosario (Subteniente García)
10-335	2.- Villahermosa
10-336	3.- Anacleto Canabal 3ra. Sección
10-337	4.- Emiliano Zapata
10-338	5.- Bosque de Saloya
10-339	6.- La selva
10-340	7.- Libertad
10-341	8.- El cedro
10-342	9.- Anacleto Canabal 1ra. Sección
10-343	10.- Anacleto Canabal 2da. Sección
10-344	11.- Ixtacomitán 1ra. Sección
10-345	12.- Río Viejo 1ra. Sección
10-346	13.- Lomitas
10-347	14.- Medellín y Pigüa 3ra. Sección
10-348	15.- Constitución
10-349	16.- Buena Vista 1ra. Sección
10-350	17.- Buena Vista Río Nuevo 1ra. Sección
10-351	18.- Buena Vista Río Nuevo 3ra. Sección
10-352	19.- González 1ra. Sección
10-353	20.-Lázaro Cárdenas
10-354	21.- Luis Gil Pérez
10-355	22.- Boquerón 4ta. Sección (Laguna Nueva)
10-356	23.-Tacotalpa
10-357	24.- Tapijulapa
10-358	25.-Teapa
10-359	26.- Jalapa
10-360	27.- Jalpa de Méndez
10-361	28.- El Río (Santa Ana)
10-362	29.- Jalupa
10-363	30.- Nacajuca
10-364	31.- Guatacalca
10-365	32.- Guaytalpa

No. de Plano	Localidad
<b>10-366</b>	33.-Tapotzingo
<b>10-367</b>	34.- Sandial
<b>10-368</b>	35.- Frontera
<b>10-369</b>	36.- Cuauhtémoc
<b>10-370</b>	37.- Ignacio Allende
<b>10-371</b>	38.- Simón Sarlat

Enseguida se muestra un ejemplo de mapa de Daño Anual Esperado para la localidad Frontera, municipio Centla. Los demás mapas de Daño Anual Esperado correspondientes a otras localidades, podrán ser consultados electrónicamente en el anexo correspondiente con la numeración de la Tabla 10.7.1, presentada anteriormente.



# ESTUDIO PARA EL PROYECTO HIDROLÓGICO PARA PROTEGER A LA POBLACIÓN DE INUNDACIONES Y APROVECHAR MEJOR EL AGUA (PROHTAB)



*Handwritten signature or initials.*



### SIMBOLOGÍA

	Índice de 0.0 - 2.000		Localidad Mayor a 2.000 hab.
	Índice de 2.000 - 4.000		Cuencas
	Índice de 4.000 - 6.000		
	Índice de 6.000 - 12.000		

MST (metros de presión)

### NOTAS

Transmisión simplificada de los datos básicos. Proyección: Universal Transversa de Mercator Puntos en metros Muestra central: 40 Fecha de edición: 2/2000 Datos: 2000	Transmisión simplificada de los datos de modelado representativo. Proyección: Universal Transversa de Mercator Puntos en metros Muestra central: 40 Fecha de edición: 2/2000 Datos: 2000
--	---

Como parte del proceso de planeación hidrológica regional se presentaron al Meso de Diferencial Cuencas los resultados de análisis de vulnerabilidad y contaminación para las cuencas de la zona.

Los datos que se presentaban corresponden a una fundación de 100 años.

El Dato Anual Esperado por fundación de viviendas de acuerdo al índice de vulnerabilidad de las viviendas que se encuentran presentes en el área de estudio se multiplicó por el porcentaje estimado de las inundaciones por el valor de los índices que da origen al número de viviendas. Dato Anual Esperado Total: Localidad Promesa-Cuencas 9.17.000 (242)

La población de un espacio está determinada por las relaciones espaciales de elevación existentes por el MDT (1:25.000) en áreas de inundación mayor presión (datos obtenidos directamente a través de la zona).

<b>COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA</b>		
ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE DEFENSA CIVIL Y PROTECCIÓN CIVIL SECRETARÍA DE DEFENSA NACIONAL Y PROTECCIÓN CIVIL AREA DE INGENIERÍA DE OBRAS		
Mapa de Dato Anual Esperado:	Fecha:	
	12/2000	
Estado: Tlaxcala	Municipio: CAHUI	Fecha: 1/2000
Localidad: Promesa		

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE DEFENSA CIVIL Y PROTECCIÓN CIVIL SECRETARÍA DE DEFENSA NACIONAL Y PROTECCIÓN CIVIL AREA DE INGENIERÍA DE OBRAS	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA UPAFI
--	---

## 10.8 Tiempo de drenaje de las cuencas considerando la infraestructura existente

La infraestructura como bordos, carreteras y puentes modifica el drenaje natural de la cuenca, por ello y para conocer el tiempo de drenaje de las cuencas es necesario considerar la infraestructura.

El tiempo de concentración (drenaje) se define como la diferencia temporal entre el inicio de la lluvia hasta el momento en que se establece el gasto en equilibrio. Es igual al tiempo de viaje de una onda que avanza desde el punto más distante de la cuenca hasta su salida.

Kirpich encontró que el tiempo de concentración es una función que depende básicamente de dos variables:  $L_{CP}$  y  $S_{CP}$ .

Así, la fórmula de Kirpich se expresa como:

$$t_c = 0.000325 \frac{L_{CP}^{0.77}}{S_{CP}^{0.385}}$$

Donde

$t_c$  es el tiempo de concentración en horas

$L_{CP}$  es la longitud del cauce principal en metros

$S_{CP}$  es la pendiente del cauce principal, adimensional

Dentro de las características más importantes en una cuenca se encuentra el arreglo de los cauces naturales, pues de éstos depende la eficiencia del sistema para drenar el escurrimiento. La longitud de los tributarios, medida en km, es un indicador de la pendiente de la cuenca, así como del grado de drenaje.

Las zonas escarpadas y bien drenadas usualmente tienen numerosos tributarios pequeños, mientras que en las regiones planas, donde los suelos son permeables, se tienen tributarios largos que generalmente son corrientes perennes.

La longitud del cauce principal se mide en km y se estima para la corriente de mayor orden de la cuenca.

La pendiente del cauce principal constituye un factor importante en la respuesta de una cuenca ante la ocurrencia de una tormenta. Dado que la pendiente varía a lo largo del cauce, es necesario definir una pendiente media. Una buena estimación se logra al aplicar la técnica de Taylor y Schwarz, la cual considera que el río se forma de una serie de canales con pendiente uniforme, cuyo tiempo de recorrido es igual al del río.

Si se subdivide el río en  $m$  tramos iguales de longitud  $\Delta x$ , entonces

$$S_{CP} = \left[ \frac{m}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_m}}} \right]^2$$

Donde

$m$  es el número de segmentos de igual longitud, en los cuales se subdivide el tramo en estudio

$S_i, i = 1, \dots, m$  es la pendiente de cada segmento  $i$ , adimensional.

Esta ecuación tiende a una mayor aproximación cuanto más grande sea el número de segmentos en los cuales se subdivide el tramo del río. También se puede obtener una expresión para el caso en que las longitudes de los tramos no sean iguales.

$$S_{CP} = \left[ \frac{L_{CP}}{\frac{I_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{I_2}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{I_m}{\sqrt{S_m}}} \right]^2$$

Donde

$L_{CP}$  es la longitud del cauce principal en kilómetros

$I_i, i = 1, \dots, m$  es la longitud de cada segmento  $i$  en kilómetros

$S_i, i = 1, \dots, m$  es la pendiente de cada segmento  $i$ , adimensional.

Debido a que las cuencas de la sierra son las que descargan libremente, es decir, no presentan estructuras de control, se estimará el tiempo de drenaje de las cuencas de los ríos: Pichucalco, Teapa, Puyacatengo y Tapijulapa.

El punto de salida de la cuenca del río Puyacatengo que se consideró fue hasta antes de su confluencia con el río Teapa. Para la salida de la cuenca del río Teapa se fijó un punto antes de la confluencia con el río de la Sierra (que transita directamente por Tapijulapa y Tacotalpa). Mientras que la delimitación de la cuenca del río de la Sierra se ubicó hasta antes de la confluencia con el río Pichucalco. Finalmente se consideró la cuenca del río Pichucalco hasta antes de la entrada a la ciudad de Villahermosa. Las figuras 10.8.1 a 10.8.4 ilustran la delimitación de estas cuencas.

Para estimar el tiempo de drenaje de la cuenca, según la ecuación de Kirpich, es necesario conocer la longitud del cauce principal y la pendiente media de la cuenca. Ambas características fisiográficas de la cuenca se estimaron con base de un modelo digital de elevaciones, LiDAR proporcionado por INEGI, en un sistema de información geográfica. Los resultados se muestran a continuación en la figura 10.8.1.

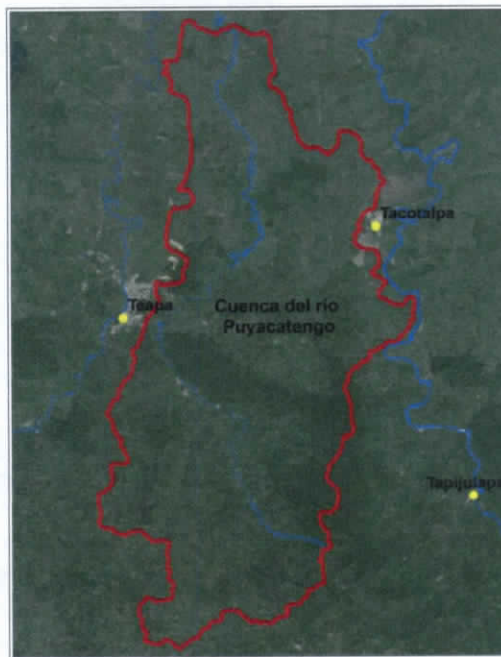


Figura.-10.8.1 Delimitación de la cuenca del río Puyacatengo



Figura.-10.8.2 Delimitación de la cuenca del río Teapa



Figura.-10.8.3 Delimitación de la cuenca del río Tapijulapa



**Figura.-10.8.4 Delimitación de la cuenca del río Pichucalco**

Para estimar el tiempo de drenaje de la cuenca, según la ecuación de Kirpich, es necesario conocer la longitud del cauce principal y la pendiente media de la cuenca. Ambas características fisiográficas de la cuenca se estimaron con base de un modelo digital de elevaciones, LiDAR proporcionado por INEGI, en un sistema de información geográfica. Los resultados del álgebra de mapas para estimar el tiempo de drenaje de las cuencas, que incluye las ecuaciones de Kirpich y las características fisiográficas de la cuenca, se muestran a continuación en la **Tabla 10.8-1**.

**Tabla 10.8-1. Tiempos de concentración para las cuencas de la Sierra**

Cuenca	Longitud del cauce principal (kilómetros)	Pendiente media de la cuenca (adimensional)	Tiempo de concentración (horas)
Puyacatengo	56.55	0.0176	7
Teapa	78.44	0.0297	7.5
Tapijulapa	124.33	0.0148	13.5
Pichucalco	150.95	0.0119	17

La Figura 10.8.5 muestra el mapa de isólinas de tiempo de drenaje para la cuenca del río Puyacatengo considerando la infraestructura existente como bordos, carreteras y puentes. Se observa que el tiempo de drenaje para esta cuenca (hasta antes de la confluencia con el río Teapa) es de 7 horas.

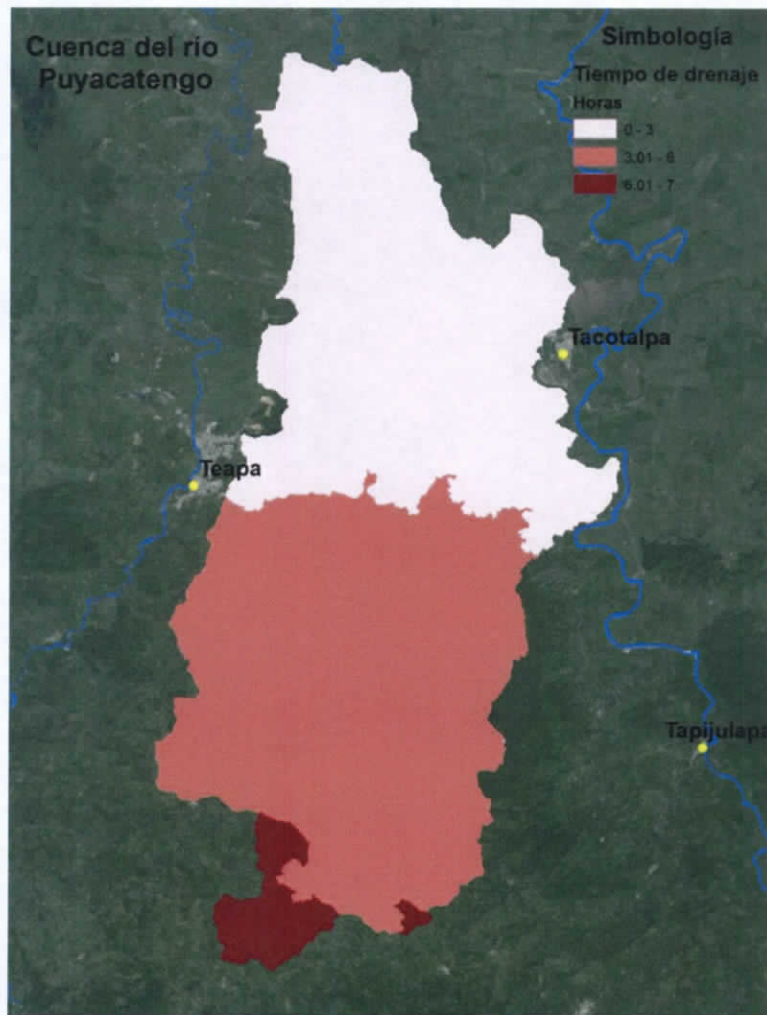


Figura.-10.8.5 Mapa de isólinas de tiempo de drenaje de la cuenca del río Puyacatengo

ESTUDIO PARA EL PROYECTO HIDROLÓGICO PARA PROTEGER A LA POBLACIÓN DE INUNDACIONES Y APROVECHAR MEJOR EL AGUA (PROHTAB)

La Figura 10.8.6 muestra el mapa de isólinas de tiempo de drenaje para la cuenca del río Teapa considerando la infraestructura existente como bordos, carreteras y puentes. Se observa que el tiempo de drenaje para esta cuenca (hasta antes de la confluencia con el río Tapijulapa) es de 7.5 horas aproximadamente.

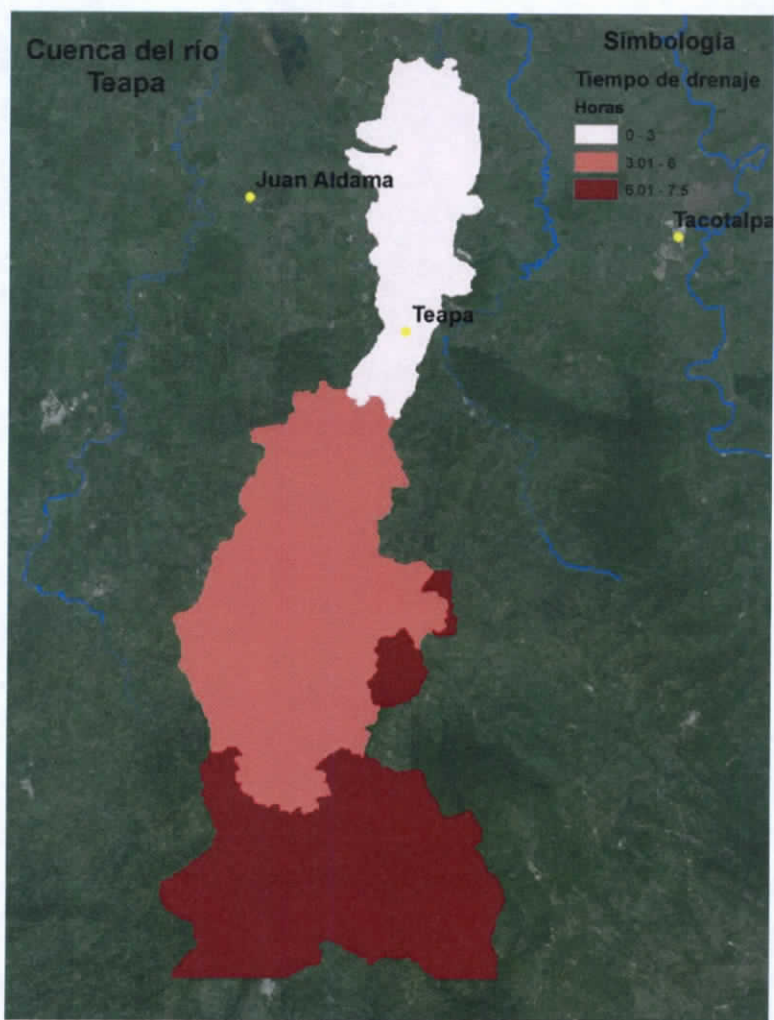
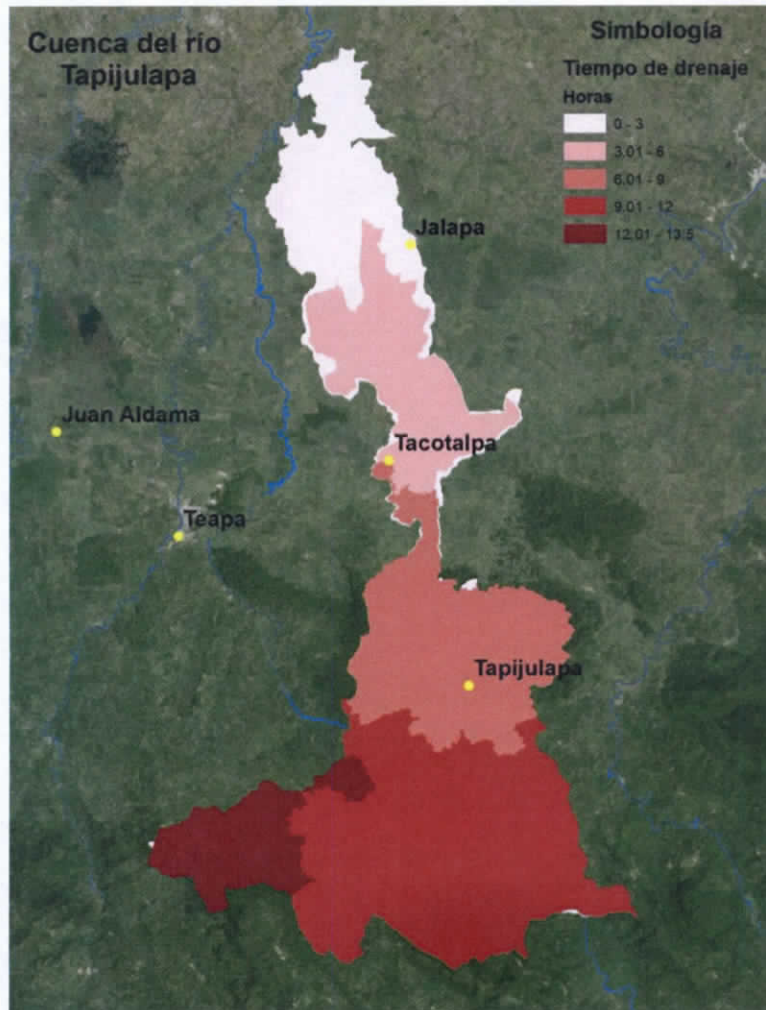


Figura.-10.8.6 Mapa de isólinas de tiempo de drenaje de la cuenca del río Teapa



La **Figura 10.8.7** muestra el mapa de isolíneas de tiempo de drenaje para la cuenca del río Tapijulapa considerando la infraestructura existente como bordos, carreteras y puentes. Se observa que el tiempo de drenaje para esta cuenca (hasta antes de la confluencia con el río Teapa) es de 13.5 horas aproximadamente.



**Figura.-10.8.7 Mapa de isolíneas de tiempo de drenaje de la cuenca del río Tapijulapa**

ESTUDIO PARA EL PROYECTO HIDROLÓGICO PARA PROTEGER A LA POBLACIÓN DE INUNDACIONES Y APROVECHAR MEJOR EL AGUA (PROHTAB)

La Figura 10.8.8 muestra el mapa de isólinas de tiempo de drenaje para la cuenca del río Pichucalco considerando la infraestructura existente como bordos, carreteras y puentes. Se observa que el tiempo de drenaje para esta cuenca (hasta antes de la confluencia con el río de la Sierra) es de 17 horas aproximadamente.

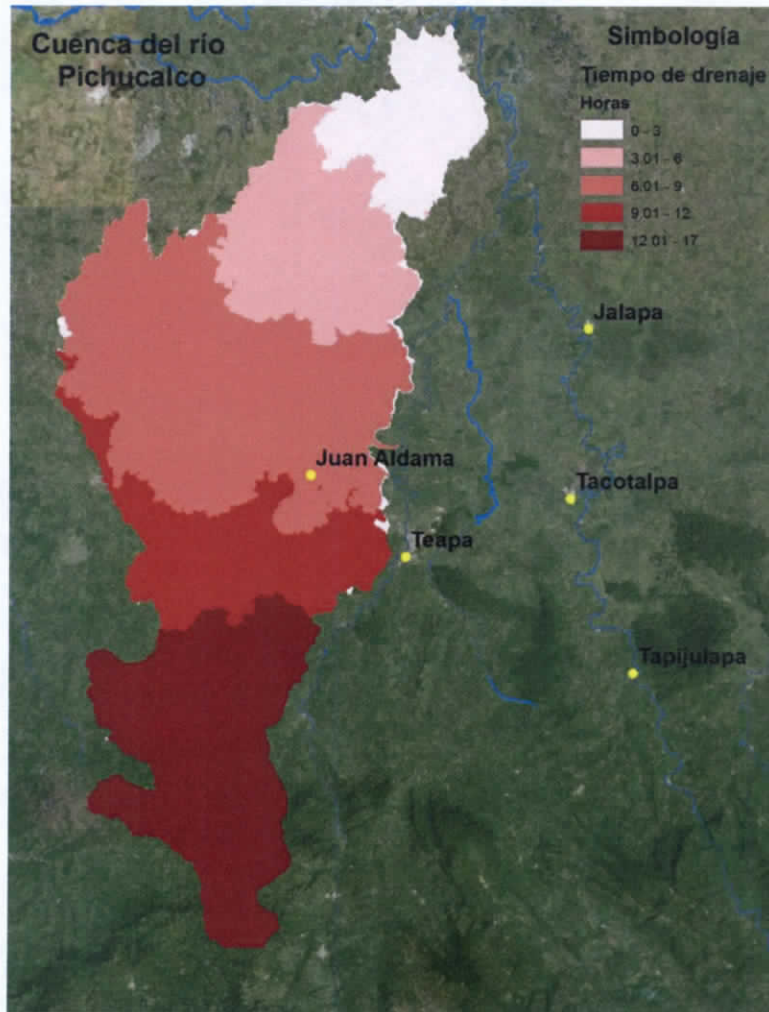


Figura.-10.8.8 Mapa de isólinas de tiempo de drenaje de la cuenca del río Pichucalco

Se observó que las diferentes cuencas del sistema de la Sierra presentan diferentes tiempos de drenaje debido a dos factores primordiales: las características fisiográficas de las propias cuencas y a la diversa infraestructura construida en éstas. Es importante conocer el tiempo de drenaje de las cuencas si se busca la implementación de un sistema de alerta basado en el pronóstico hidráulico.

### 10.9 Simulaciones con obras o acciones propuestas

Los siguientes resultados muestran las simulaciones ejecutadas con obras o acciones propuestas, con el fin de calcular un Daño Anual Esperado y determinar si estas acciones resultan financiables o las viviendas afectadas deberán ser reubicadas. Las obras propuestas se analizarán para proteger a la población ante una avenida con un periodo de retorno asociado de 100 años.

La **Tabla 10.9-1** muestra el Daño Anual Esperado de 28 de las 38 localidades afectadas por inundaciones, según resultados de las modelaciones bidimensionales, las 10 restantes presentaron un Daño Anual Esperado inferior a \$100,000.00 por lo que se descartaron para la propuesta de infraestructura.

**Tabla 10.9-1 Daño Anual Esperado asociado a 28 localidades afectadas**

No.	Localidad	Área (m2)	Total de viviendas (INEGI)	Viviendas por m2	Daño Anual Esperado	Área afectada (m2)
1	Frontera	4,657,070	11,105	0.0024	\$ 17,536,124.02	499,400
2	Nacajuca	5,158,880	2,883	0.0006	\$ 8,948,171.00	956,650
3	González 1ra. Sección	3,236,180	1,454	0.0004	\$ 7,285,201.71	1,287,175
4	Jalapa	578,229	1,323	0.0023	\$ 6,863,372.76	159,525
5	Simón Sarlat	2,968,672	1,510	0.0005	\$ 6,317,747.17	1,650,900
6	Anacleto Canabal 3ra. Sección	1,631,470	1,268	0.0008	\$ 4,214,699.87	1,130,275
7	Anacleto Canabal 1 sección	8,082,750	1,027	0.0001	\$ 3,993,786.81	1,516,025
8	Teapa	4,590,480	6,860	0.0015	\$ 2,119,142.00	186,125
9	Río Viejo 1ra. Sección	1,377,660	1,873	0.0014	\$ 2,012,856.44	99,975
10	Selva-Nacajuca	443,121	1,991	0.0045	\$ 1,757,225.92	131,600



ESTUDIO PARA EL PROYECTO HIDROLÓGICO PARA MITIGAR LA  
POBLACION DE INUNDACIONES Y APROVECHAR MEJOR EL AGUA  
(PROHTAB)

No.	Localidad	Área (m2)	Total de viviendas (INEGI)	Viviendas por m2	Daño Anual Esperado	Área afectada (m2)
11	Ignacio Allende	2,167,300	1,694	0.0008	\$ 1,640,666.69	180,550
12	Tapotzingo	5,802,330	1,440	0.0002	\$ 1,467,118.33	1,310,875
13	Emiliano Zapata	785,507	721	0.0009	\$ 1,319,480.06	621,350
14	Sandial	6,434,740	1,689	0.0003	\$ 1,303,215.29	5,903,875
15	Bosque de Saloya	660,836	2,287	0.0035	\$ 995,181.73	243,350
16	Tapijulapa	433,865	715	0.0016	\$ 954,742.00	55,725
17	Guaytalpa	3,417,180	1,247	0.0004	\$ 910,947.27	73,100
18	Boquerón 4ta. Sección (Laguna Nueva)	2,241,980	1,443	0.0006	\$ 892,422.78	56,575
19	Buena Vista 1ra. Sección	1,721,380	1,509	0.0009	\$ 682,421.13	24,700
20	Libertad	1,029,971	939	0.0009	\$ 538,227.68	609,950
21	Playas del Rosario	5,123,290	6,147	0.0012	\$ 370,733.93	201,150
22	Ixtacomitan	9,085,221	1,396	0.0002	\$ 331,237.35	2,005,925
23	Buena Vista Río Nuevo 3ra. Sección	4,373,130	1,443	0.0003	\$ 307,829.37	193,750
24	Buena Vista 1ra	1,721,380	570	0.0003	\$ 257,506.45	17,175
25	Lázaro Cárdenas 2da Sección	6,560,860	705	0.0001	\$ 183,962.14	413,025
26	Constitución	1,104,730	705	0.0006	\$ 150,093.56	527,050
27	Tacotalpa	679,763	2,020	0.0030	\$ 140,511.00	6,975
28	Jalpa de Méndez	4,678,170	3,985	0.0009	\$ 137,932.95	79,125

La **Tabla 10.9-2** presenta la relación beneficio-costos de las obras de protección propuestas para 26 localidades. Buena Vista Río Nuevo 1ª. Sección y Tacotalpa se descartaron de las propuestas. Buena Vista Río Nuevo 1ª. Sección se ubica en la margen derecha del río Carrizal y éste se encuentra controlado por el Macayo.

Las modelaciones correspondientes al río Carrizal se estimaron para un gasto constante de 850 m<sup>3</sup>/s durante 10 días para llevar al máximo la capacidad del cauce; resultado de esto se determinaron sitios críticos para algunas localidades, una de ellas es Buena Vista Río Nuevo 1ª. Sección.

Para Tacotalpa no se estimó el DAE debido a que la mancha de inundación resultante de las modelaciones se presenta fuera de la mancha urbana. Además, se observó que el bordo carretero en la periferia de la localidad protege a la localidad.

Los daños evitados se calcularon multiplicando el Daño Anual Esperado (en valor presente) por la vida útil de la obra. Las obras de protección propuestas son nuevos bordos y sobreelevación de bordos y carreteras.



**Tabla 10.9-2 Relación Beneficio-Costo para a 26 localidades afectadas**

Localidad	Longitud del bordo (m)	Ancho corona (m)	Talud	Sobre elevación promedio	Volumen (m <sup>3</sup> )	Área de carpeta asfáltica	Precio unitario terracería	Precio unitario Carpeta asfáltica	Vida útil (años)	Costo total	Daños evitados	Relación Beneficio Costo
Frontera	4,479	5	1.5	3.2	140,461		\$ 231.00		30	\$32,446,592.64	\$526,083,720.57	16.21
Nacajuca	8,546	5	1.5	1.6	101,185		\$ 231.00		30	\$23,373,651.84	\$268,445,130.00	11.48
González 1ra. Sección	3,200	5	1.5	2.0	49,800		\$ 231.00		30	\$11,503,726.08	\$218,556,051.23	19.00
Jalapa	2,271	5	1.5	4.6	124,315		\$ 231.00		30	\$28,716,658.74	\$205,901,182.86	7.17
Simón Sarlat	3,100	5	1.5	0.5	8,913		\$ 231.00		30	\$ 2,058,787.50	\$189,532,415.01	92.06
Teapa	1000	5	1.5	1.0	6,500		\$9,009.00		30	\$58,558,500.00	\$ 63,574,260.00	1.09
Río Viejo 1ra. Sección	2,143	5	1.5	6.8	221,500		\$ 231.00		30	\$51,166,610.88	\$ 60,385,693.24	1.18
Ignacio Allende	4,100	5	1.5	1.2	33,456		\$ 231.00		30	\$ 7,728,336.00	\$ 49,220,000.73	6.37
Tapotzingo	4,700	5	1.5	1.0	30,550		\$ 231.00		30	\$ 7,057,050.00	\$ 44,013,549.99	6.24
Sandial	16,000	5	1.5	1.0	104,000		\$ 231.00		30	\$24,024,000.00	\$ 39,096,458.85	1.63
Tapijulapa	1200	5	1.5	1.0	7,800		\$9,009.00		30	\$70,270,200.00	\$ 28,642,260.00	0.41
Guaytalpa	4,900	5	1.5	0.8	24,304		\$ 231.00		30	\$ 5,614,224.00	\$ 27,328,418.04	4.87
Boquerón 4ta. Sección (Laguna Nueva)	1,200	8	1.5	1.5	18,450	9,600	\$ 231.00	\$ 259.00	30	\$ 6,748,350.00	\$ 26,772,683.50	3.97
Buena Vista 1ra. Sección	1,427	5	1.5	0.7	5,741		\$ 231.00		30	\$ 1,326,245.02	\$ 20,472,633.79	15.44
Playas del Rosario	1,313	5	1.5	7.1	147,278		\$ 231.00		30	\$34,021,315.53	\$ 11,122,017.83	0.33
Ixtacomitan	9,000	5	1.5	0.5	25,875		\$ 231.00		30	\$ 5,977,125.00	\$ 9,937,120.43	1.66
Buena Vista Río Nuevo 3ra. Sección	4,000	5	1.5	1.5	43,500	20,000	\$ 231.00	\$ 259.00	30	\$15,228,500.00	\$ 9,234,881.02	0.61
Lázaro Cárdenas 2da Sección	1,700	5	1.5	0.5	4,888		\$ 231.00		30	\$ 1,129,012.50	\$ 5,518,864.12	4.89
Anacleto Canabal 3ra. Sección, Anacleto Canabal 1 sección, Selva-Nacajuca, Emiliano Zapata, Bosque de Saloya, Libertad	12,775	5	1.5	0.5	36,728		\$ 231.00		30	\$ 8,484,196.88	\$384,558,062.26	122.16
Constitución	2,700	8	1.5	1.5	41,513	21,600	\$ 231.00	\$ 259.00	30	\$15,183,787.50	\$ 4,502,806.93	0.30
Jalpa de Méndez	925	5	1.5	1.2	7,154		\$ 231.00		30	\$ 1,652,509.03	\$ 4,137,988.64	2.50

ESTUDIO PARA EL PROYECTO HIDROLÓGICO PARA PROTEGER A LA  
POBLACIÓN DE INUNDACIONES Y APROVECHAR MEJOR EL AGUA  
(PROHTAB)

De la tabla anterior se observa que sólo para 17 localidades resulta financiable la construcción de infraestructura, específicamente bordos nuevos y sobreelevación de algunos bordos y terraplenes. Para las localidades restantes se recomienda la implantación de medidas institucionales o no estructurales con el fin de mitigar los daños por inundación.

A continuación se presentan los croquis de ubicación de algunas obras de protección para diferentes las diferentes localidades descritas en la Tabla 10.9-2.

**Teapa**

Acción propuesta: Bordo de protección en la margen derecha del río Teapa para proteger a la localidad Teapa.



Longitud Dique Derecho = 600 m

Cota de corona = 35.5 msnm

### *Tapijulapa*

Acción propuesta: Bordo de protección en ambas márgenes del riachuelo que confluye con el río Tapijulapa. El bordo de la margen izquierda continúa sobre el río Tapijulapa. El bordo de la margen derecha termina en la confluencia.



Longitud Dique Izquierdo = 700 m

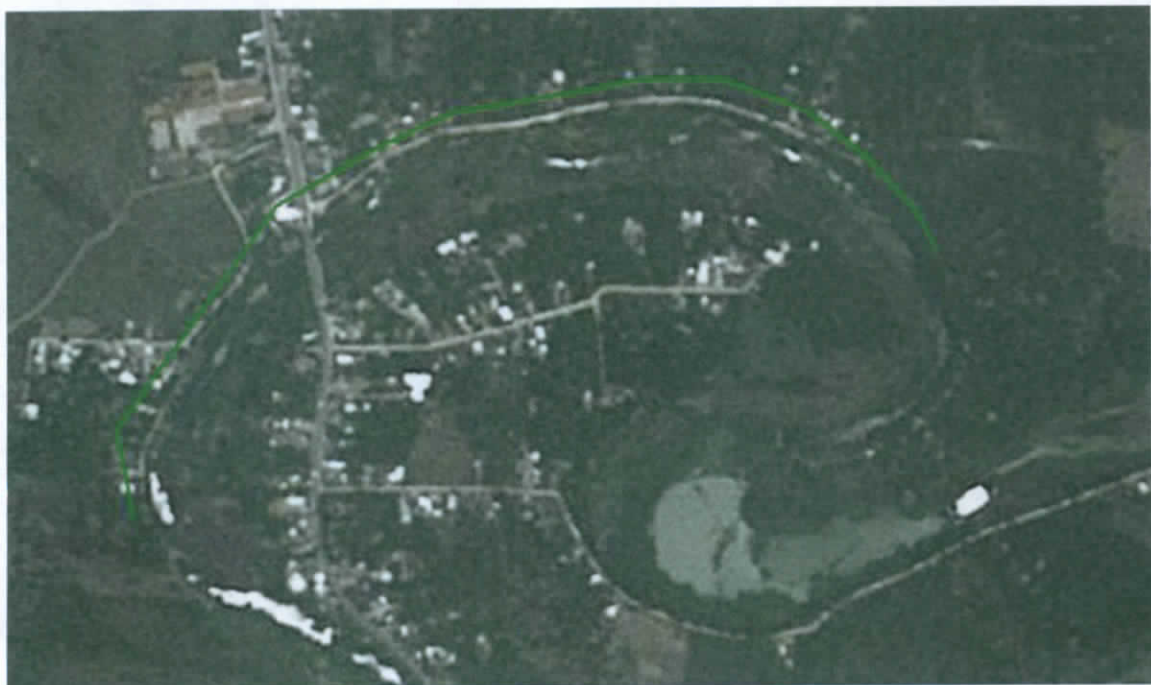
Longitud Dique Derecho = 495 m

Cota de corona = 39 msnm





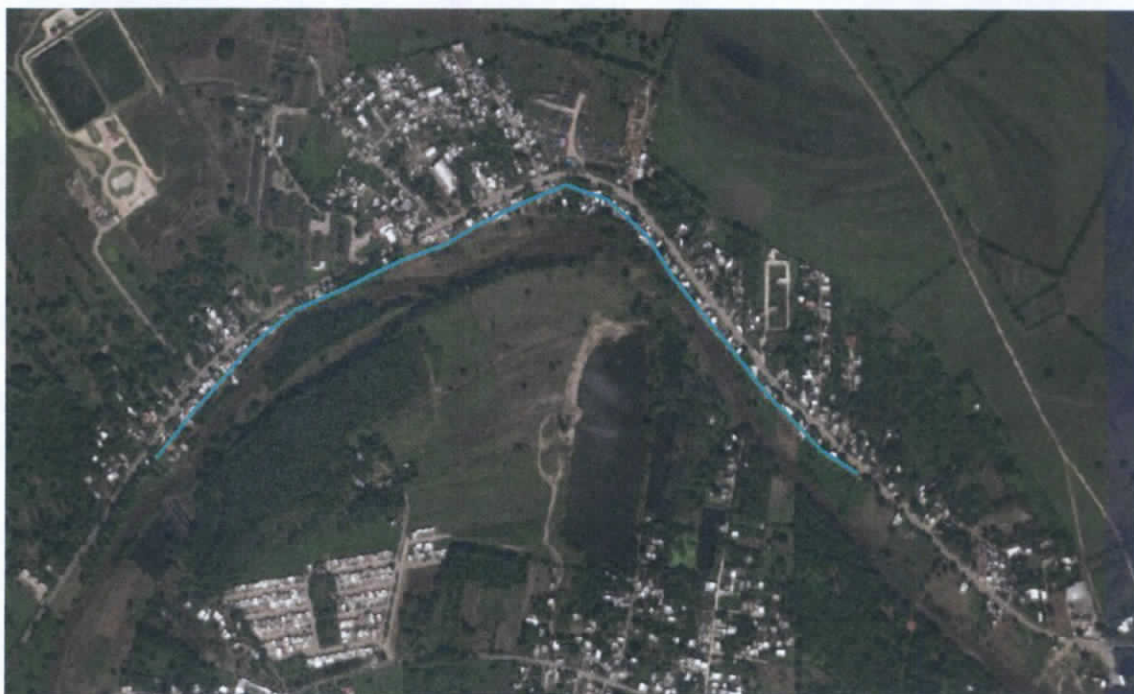
Buena Vista Rio Nuevo 1° Sección, Longitud 9765.87 metros



Jalpa de Méndez, Longitud 1084.1 metros

V F

ESTUDIO PARA EL PROYECTO HIDROLÓGICO PARA PROTEGER A LA  
POBLACIÓN DE INUNDACIONES Y APROVECHAR MEJOR EL AGUA  
(PROHTAB)



Rio Viejo 1° Sección



Frontera, Longitud 4890 metros

*VF*



Playas del Rosario, Longitud 1446.16 metros



Bordo de protección de 3093 m para la localidad de Simón Sarlat.

VF

ESTUDIO PARA EL PROYECTO HIDROLÓGICO PARA PROTEGER A LA POBLACIÓN DE INUNDACIONES Y APROVECHAR MEJOR EL AGUA (PROHTAB)



Bordo de protección de 4023m para la localidad de Ignacio Allende.

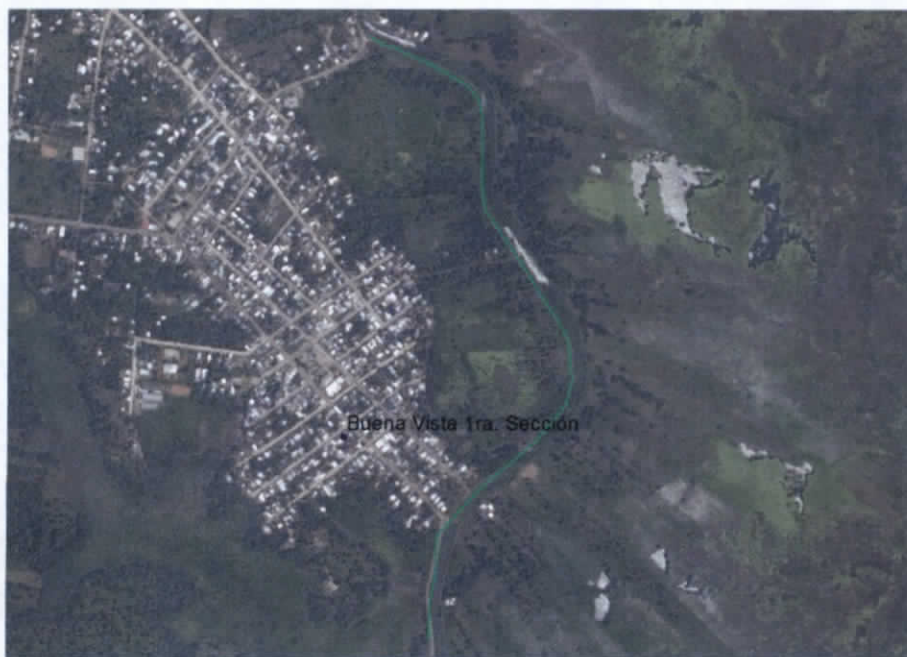


Sobreelevación ene 1212m dela carretera existente para proteger a la localidad Boquerón 4ta sección.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'VF'.



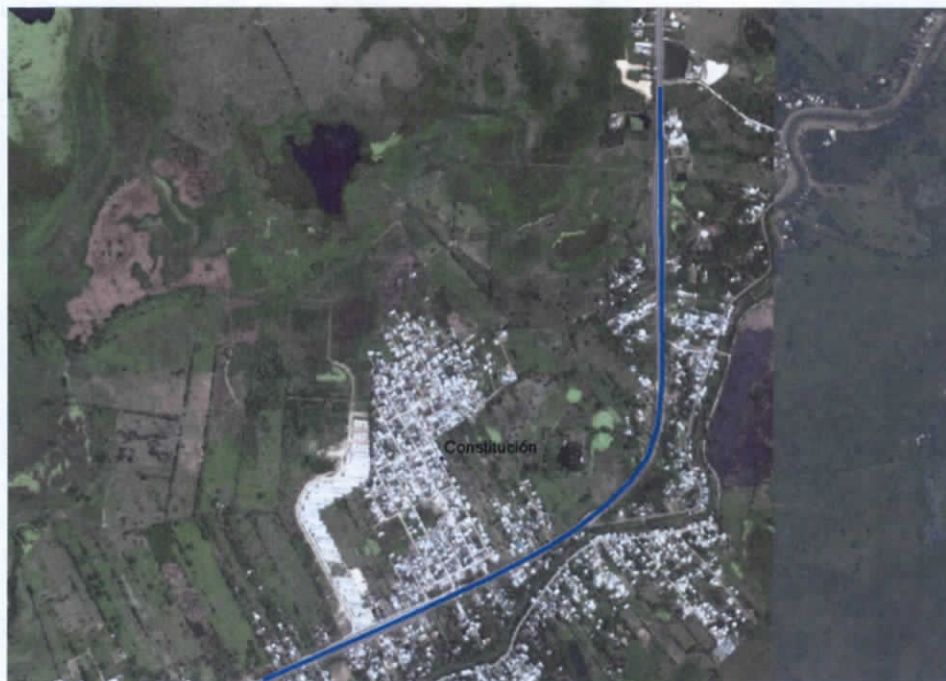
Extensión de 3182m del bordo de protección del río Viejo Mezcalapa para proteger a la localidad González.



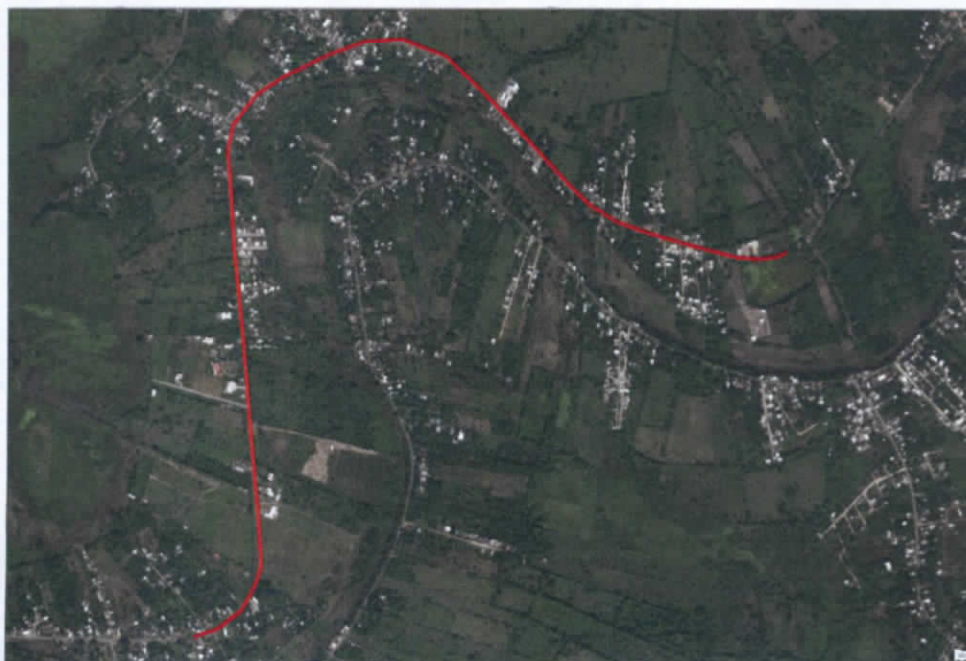
Bordo de protección de 1555m de longitud para la localidad Buena Vista 1ra sección.

A handwritten signature in black ink, appearing to be the initials "VF".

ESTUDIO PARA EL PROYECTO HIDROLÓGICO PARA PROTEGER A LA POBLACIÓN DE INUNDACIONES Y APROVECHAR MEJOR EL AGUA (PROHTAB)



Sobreelevación de carretera en 2706m de longitud para proteger a la localidad de Constitución.



Bordo de protección de la localidad de Buena Vista Río Nuevo 3ra. Sección de 3,974 metros de longitud.

Handwritten signature or initials, possibly 'VF', in black ink.

## 10.10 Conclusiones

Se elaboraron los mapas de peligro, severidad, vulnerabilidad, riesgo y daño anual esperado por inundación para las localidades mayores a 2,500 habitantes de los municipios de Centla, Centro, Jalapa, Jalpa de Méndez, Nacajuca, Tacotalpa y Teapa para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 50, 100, 500 y 1,000 años.

En los siete municipios estudiados en esta etapa se localizan 60 localidades urbanas, cuya distribución se muestra a continuación:

- Centla: 05 localidades
- Centro: 29 localidades
- Jalapa: 01 localidad
- Jalpa de Méndez: 07 localidades
- Nacajuca: 14 localidades
- Tacotalpa: 02 localidades
- Teapa: 02 localidades


La elaboración de estos mapas se realizó con un software bidimensional y requirió información topo-batimétrica para la integración de un modelo digital de elevaciones con resolución a cada 5 metros.

Por un lado, los productos entregables son los mapas de peligro, vulnerabilidad y de riesgo, los cuales consideraron las funciones de daño y vulnerabilidad desarrolladas por el Centro Nacional de Prevención de Desastres. Por otro lado, se analizaron los mapas de severidad, tomando como referencia el nomograma de Dorrigo, cuya metodología incluye tirantes y velocidades resultantes de las modelaciones del flujo bidimensional.

Los resultados de los valores máximos (envolventes) de la profundidad de inundación (tirante) fueron fundamentales para la elaboración de los mapas de peligro. Posteriormente, el producto de los resultados de la profundidad de inundación y de la velocidad del flujo fue necesario para la elaboración de los mapas de severidad.

Finalmente, los mapas de riesgo involucran una función de vulnerabilidad de las viviendas y los tirantes relacionados a la profundidad de inundación; por lo tanto, el riesgo es la suma del peligro más la vulnerabilidad.

100



Los resultados de las modelaciones mostraron, en general, que las localidades no se ven afectadas por desbordamiento de ríos para periodos de retorno pequeños (2, 5, 10, 50 años); sin embargo, algunas localidades sí se ven afectadas para los periodos de retorno más grandes (100, 500 y 1000 años). Estos resultados muestran que algunos ríos presentan una baja capacidad hidráulica para transitar avenidas asociadas a distintos periodos de retorno, tal es el caso del río Viejo Mezcalapa y el río Pichucalco.

La capacidad hidráulica del río Pichucalco a través de su longitud por Tabasco es mínima, por lo que requiere un programa de desazolve o dragado constante para lograr transitar mejor los escurrimientos provenientes de la sierra.

Por otro lado, la cuenca del río Viejo Mezcalapa es significativamente grande comparada con otras del sistema, por lo que se debe poner atención a los escurrimientos generados por la misma. Aparentemente este río no transita un gasto elevado, pero por el tamaño de la cuenca podría generar escurrimientos que desborden, lo que provocaría problemas de inundación. También se recomienda un programa de desazolve o dragado constante al río Viejo Mezcalapa.

Las tres estructuras de control o escotaduras ubicadas sobre el río de la Sierra funcionan según su diseño hidráulico, por lo que han ayudado a mitigar los efectos en la cuenca baja que repercuten en Villahermosa.

Sin embargo, se observó que sobre el río Bajo Grijalva los desbordamientos son constantes debido a la poca capacidad del río y por tratarse de una zona lagunar que funciona como una regulación. Este mismo fenómeno se observó en la zona baja del río Samaria, lo que provocó una planicie de inundación justo en el conocido dren Victoria.

Estos desbordamientos ocurren en las zonas bajas, por lo que se sugiere la ejecución de un plan de ordenamiento territorial y/o la reubicación de algunas localidades afectadas en albergues temporales, mientras la planicie de inundación se despeja.