



“Vulnerabilidad de Estructuras de Puentes en Zonas de Gran Influencia de Ciclones Tropicales”

Convenio IISGCONV-118-2016.

Actividad 7.2 Análisis de resultados
de modelos matemáticos

Elaborado por:

Instituto de Ingeniería de la UNAM



Control documental

Información del documento

	Información
<i>Elaboró</i>	Ing. David Flores Vidriales
<i>Fecha de Expedición</i>	20/12/2017
<i>Fecha de Última Edición</i>	20/12/2017
<i>Nombre del archivo</i>	Análisis de resultados de modelos matemáticos

Historia del documento

Versión	Fecha	Cambios
1.0	20/12/2017	<i>Propuesta para comentarios</i>

Contenido

Descripción de los modelos matemáticos	6
1.1.- Descripción de la metodología de análisis	7
1.1 Estabilidad por volteo	7
1.2 Socavación local en pilas	8
1.3 Socavación general.....	8
Análisis de los resultados obtenidos	9
2.1.- Puente “El novillero”	9
2.1.1 Parámetros hidráulicos	9
2.1.2 Estabilidad por volteo	10
2.1.3 Conclusiones.....	10
2.2.- Puente “Tepuzapa”	11
2.2.1 Parámetros hidráulicos	11
2.2.2 Estabilidad por volteo	12
2.2.3 Conclusiones.....	12
2.3.- Puente “Huixtla”	13
2.3.1 Parámetros hidráulicos	13
2.3.2 Estabilidad por volteo	14
2.3.3 Conclusiones.....	14
2.4.- Puente “Sin Nombre”	15
2.4.1 Parámetros hidráulicos	15
2.4.2 Estabilidad por volteo	16
2.4.3 Conclusiones.....	16
2.5.- Puente “Pijijiapan”	17
2.5.1 Parámetros hidráulicos	17
2.5.2 Estabilidad por volteo	18
2.5.3 Conclusiones.....	18
2.6.- Puente “Urbina”	19
2.6.1 Parámetros hidráulicos	19
2.6.2 Estabilidad por volteo	20
2.6.3 Conclusiones.....	20
2.7.- Puente “Los perros”	21
2.7.1 Parámetros hidráulicos	21



2.7.2 Estabilidad por volteo	22
2.7.3 Conclusiones.....	22
2.8.- Puente “San Francisco”	23
2.8.1 Parámetros hidráulicos	23
2.8.2 Estabilidad por volteo	24
2.8.3 Conclusiones.....	24
2.9.- Puente “Azteca”	25
2.9.1 Parámetros hidráulicos	25
2.9.2 Estabilidad por volteo	26
2.9.3 Conclusiones.....	26



Resumen:

Se presenta la interpretación de los cálculos elaborados como parte de la actividad 7.1 elaboración de modelos matemáticos, para cumplir con los alcances concernientes al proyecto: *“Vulnerabilidad de Estructuras de Puentes en Zonas de Gran Influencia de Ciclones Tropicales”*.

La información recopilada aquí comprende exclusivamente los puentes con mayor riesgo a sufrir dañados por el paso de ciclones tropicales, ubicados en la región del litoral del Océano Pacífico. Se pretende que esta información sirva como antecedente y banco de información de los estudios y análisis que se efectuaron en cada una de las estructuras con mayor vulnerabilidad.



1

Descripción de los modelos matemáticos

Se elaboraron modelos matemáticos para los veinte puentes más vulnerables en la actividad número tres de este proyecto, dichos modelos matemáticos buscan representar la estabilidad actual del puente utilizando datos de los estudios topo-hidráulicos realizado como parte de la actividad número cinco de este proyecto.

Cada modelo matemático realizado se divide en 5 partes:

- Ψ Análisis y cuantificación de las cargas verticales que actúan en el puente (cargas vivas y muertas).
- Ψ Análisis de cargas horizontales que actúan en el puente (empujes sísmicos, empujes debidos al cauce del río).
- Ψ Revisión de cumplimiento de factores de seguridad contra volteo y deslizamiento sin factores de amplificación de carga.
- Ψ Revisión de cumplimiento de factores de seguridad contra volteo y deslizamiento con factores de amplificación de carga.
- Ψ Calculo de la socavación local y general con un periodo de retorno de 100 años.

1.1.- Descripción de la metodología de análisis

Las condiciones de estabilidad del puente fueron analizadas mediante datos recabados en campo y los siguientes criterios:

1. Estabilidad por volteo y deslizamiento
2. Socavación local en pilas
3. Socavación general

1.1 Estabilidad por volteo

Se analizó la estabilidad del puente a volteo mediante el análisis de la fuerza sísmica actuante siguiendo los criterios del Manual de Diseño de Obras Civiles de la CFE y la normatividad AASHTO para la determinación de los factores de seguridad y combinaciones de carga, la información detallada del análisis se encuentra en la memoria de cálculo que fue entregada como parte de la actividad siete de este proyecto.

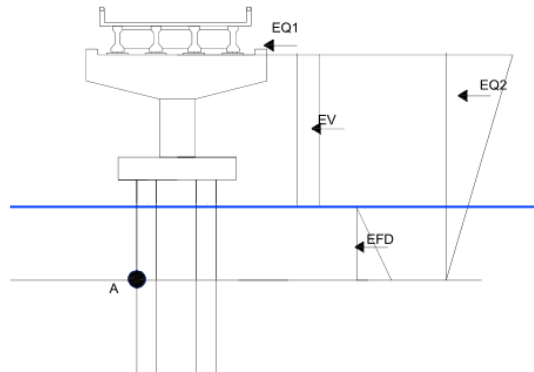


Figura 1 Esquema de empujes laterales

1.2 Socavación local en pilas

La socavación en pilas ocurre por la aceleración del flujo alrededor de la pila y la formación de vórtices en su base. La acción de los vórtices va eliminando el material del lecho alrededor de la base de la pila. En la zona afectada, la velocidad del flujo es alta y con el tiempo, se va profundizando la zona y se genera la socavación. Cuando existe una socavación alta, disminuye la generación de vórtices y la velocidad del flujo. [1]

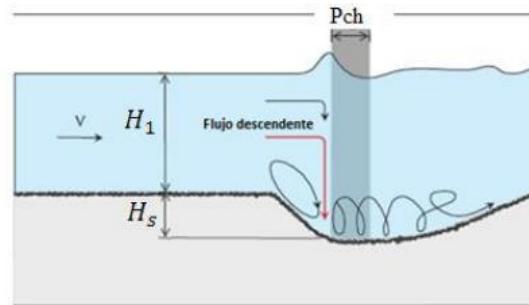


Figura 2 Socavación local en pilas

Se eligieron dos métodos de análisis por considerarse los más adecuados de acuerdo a la información disponible y las características del río.

Ψ Yaroslavtziev

Ψ Hec 18

1.3 Socavación general

Para el caso de la socavación general es una erosión general de todo el cauce y no depende de que exista o no una obra sobre el cauce, tiene como resultado una disminución en el nivel del fondo del cauce y los niveles de agua y por lo tanto puede producir exposición de la cimentación del puente y provocar inestabilidad.

Según el método propuesto por Lischtvan – Lebediev (el cual fue elegido para el estudio), la socavación general se fundamenta en el equilibrio que debe existir entre la velocidad media real de la corriente y la velocidad media erosiva, y se presenta en suelos granulares y cohesivos.

Análisis de los resultados obtenidos

2.1.- Puente “El novillero”

Nombre	Estado	Coordenadas	Longitud (m)
El Novillero	Chiapas	15.500755 : - 92.9419722	159



Figura 4 Aguas arriba del puente



Figura 3 Socavación



Figura 5 Vista frontal del puente

2.1.1 Parámetros hidráulicos

El análisis de la socavación general con un periodo de retorno de 100 años (para el gasto de diseño), muestra un decremento en el nivel del suelo de 33 centímetros, con un gasto de 583 metros cúbicos sobre segundo y una velocidad de 2.53 metros sobre segundo; la socavación local esperada para la pila 7 (la más desfavorable) es de 1.26 metros.

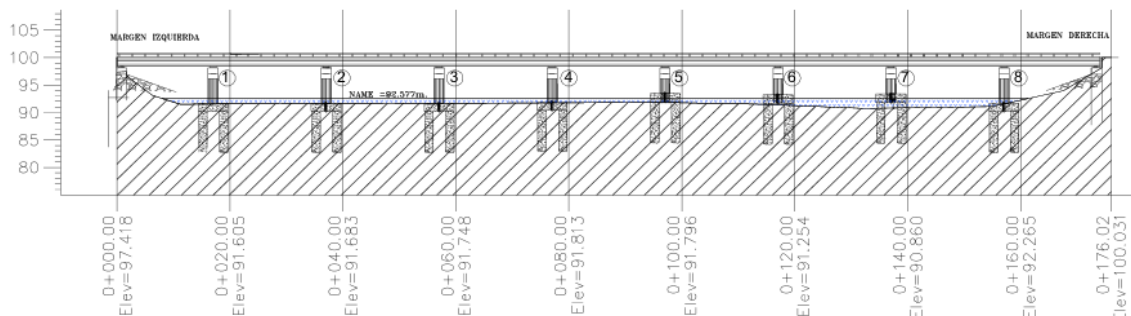


Figura 6 Perfil topográfico esperado después de la socavación.

2.1.2 Estabilidad por volteo

El análisis de estabilidad por volteo del puente muestra que para la combinación de carga “C” el puente no cumple el factor de seguridad requerido (1.5) para volteo y deslizamiento.

Ψ Caso de carga “C” carga muerta + empuje sísmico + empuje de la corriente

Volteo				
Caso	Mr (t-m)	Ma (t-m)	Mr/Ma	Estado
A	5092	6.4	792.7	OK
B	4484	47.0	95.3	OK
C	4484	4135.3	1.08	no cumple

Deslizamiento				
Caso	Fr (t)	Fa (t)	Fr/Fa	Estado
A	348	2.1	162.51	OK
B	279	6.6	42.63	OK
C	480	480.1	1.00	no cumple

Figura 7 Factores de seguridad resultantes para diversas combinaciones de carga

*Nótese que debido a que no se poseen datos precisos de la cimentación como la profundidad a la que están desplantados los pilotes en el proceso de cálculo se optó por un cálculo conservador y no se tomó toda la resistencia al arranque de pilote, la cual podría aumentar de manera significativa la resistencia a volteo y deslizamiento del puente.

2.1.3 Conclusiones

La estabilidad del puente se considera suficiente para volteo y deslizamiento; **para** el caso de **socavación local y general es necesario el uso de alguna medida de mitigación**, para las pilas 5,6,7 y 8, las cuales son las más afectadas.

El galibo del puente supera los 2.5 metros por lo cual **se considera suficiente** para gastos con un periodo de retorno de 100 y 1,000 años.

2.2.- Puente “Tepuzapa”

Nombre	Estado	Coordenadas	Longitud (m)
Tepuzapa	Chiapas	15.117305: - 92.437222	59



Figura 10 Vista del puente



Figura 9 Socavación local



Figura 8 Socavación

2.2.1 Parámetros hidráulicos

El análisis de la socavación general con un periodo de retorno de 100 años (para el gasto de diseño), muestra que no habrá un decremento en el nivel del suelo, con un gasto de 318 metros cúbicos sobre segundo y una velocidad de 3.12 metros sobre segundo; la socavación local esperada para la pila 2 (la más desfavorable) es de .2 metros, nótese que para la pila 2 ya existe una socavación considerable.

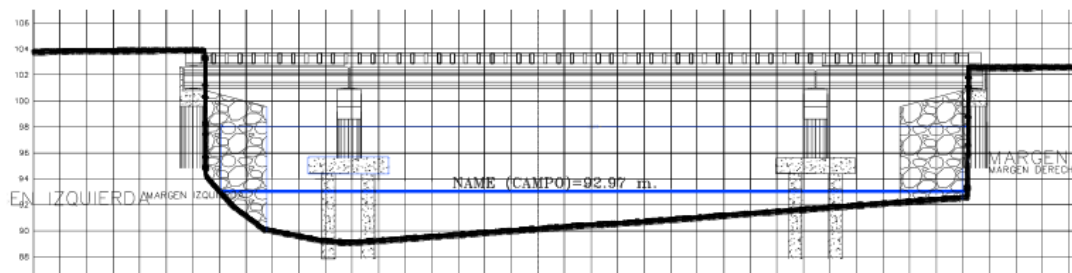


Figura 11 Perfil esperado después de la socavación

2.2.2 Estabilidad por volteo

El análisis de estabilidad por volteo y deslizamiento del puente muestra que para todas las combinaciones de carga el puente es estable.

Volteo				
Caso	Mr (t-m)	Ma (t-m)	Mr/Ma	Estado
A	840	18.8	44.7	OK
B	805	18.8	42.8	OK
C	805	38.2	21.07	OK

Deslizamiento				
Caso	Fr (t)	Fa (t)	Fr/Fa	Estado
A	92	23.8	3.88	OK
B	89	21.4	4.13	OK
C	89	37.2	2.38	OK

Figura 12 Factores de seguridad resultantes para diversas combinaciones de carga

*Nótese que debido a que no se poseen datos precisos de la cimentación como la profundidad a la que están desplantados los pilotes en el proceso de cálculo se optó por un cálculo conservador y no se tomó toda la resistencia al arranque de pilote, la cual podría aumentar de manera significativa la resistencia a volteo y deslizamiento del puente.

2.2.3 Conclusiones

La estabilidad del puente se considera suficiente para volteo y deslizamiento; **para** el caso de socavación local y general es necesario el uso de alguna medida de mitigación, para las pilas 2 y 3.

El galibo del puente supera los 2.5 metros por lo cual **se considera suficiente** para gastos con un periodo de retorno de 100 y 1,000 años.

2.3.- Puente “Huixtla”

Nombre	Estado	Coordenadas	Longitud (m)
Huixtla	Chiapas	15.1500833: - 92.45013889	246



Figura 13 Vista debajo del puente



Figura 15 Boleos grandes



Figura 14 Zapata socavada

2.3.1 Parámetros hidráulicos

El análisis de la socavación general con un periodo de retorno de 100 años (para el gasto de diseño), muestra que habrá un decremento en el nivel del suelo de 3.31 metros, con un gasto de 825 metros cúbicos sobre segundo y una velocidad de 3.71 metros sobre segundo; la socavación local esperada para la pila 2 (la más desfavorable) es de 3.32 metros.

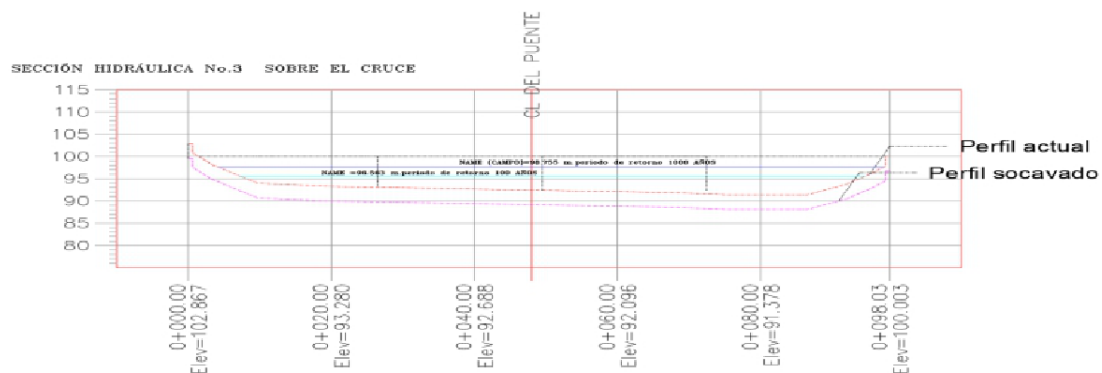


Figura 16 Perfil esperado después de la socavación

2.3.2 Estabilidad por volteo

El análisis de estabilidad por volteo del puente muestra que para la combinación de carga “C” el puente no cumple el factor de seguridad requerido (1.5) para volteo y deslizamiento.

Ψ Caso de carga “C” carga muerta + empuje sísmico + empuje de la corriente

Combinaciones de carga					
A	D + L + SF	D	Carga muerta	Para deslizamiento	$\mu = 0.55$
B	D + SF	L	Carga viva		
C	D + SF + EQ	SF	Flujo de la corriente		
		EQ	Sismo		
				Factor de seguridad a volteo	2
				Factor de seguridad a deslizamiento	1.5

Volteo				
Caso de carga	MR	MA	MR/MA	Evaluación volteo
A	3,918.73	50.00	78.38	OK
B	1,911.37	50.00	38.23	OK
C	1,911.37	2,374.81	0.80	No pasa

Deslizamiento				
Caso de carga	FR	FA	MR/MA	E. Deslizamiento
A	486.54	31.25	15.57	OK
B	336.94	31.25	10.78	OK
C	612.61	473.87	1.29	No pasa

Nota* Para el caso donde intervienen fuerzas de sismo los factores de seguridad se reducen en un 75% (AASHTO 5.5.5)

Figura 17 Factores de seguridad resultantes para diversas combinaciones de carga

*Nótese que debido a que no se poseen datos precisos de la cimentación como la profundidad a la que están desplantados los pilotes en el proceso de cálculo se optó por un cálculo conservador y no se tomó toda la resistencia al arranque de pilote, la cual podría aumentar de manera significativa la resistencia a volteo y deslizamiento del puente.

2.3.3 Conclusiones

La estabilidad del puente se considera insuficiente para volteo y deslizamiento (sin considerar la resistencia de los pilotes a volteo y deslizamiento); **para el caso de socavación local y general es necesario el uso de alguna medida de mitigación**, para las pilas 2 y 3.

El galibo del puente supera los 2.5 metros por lo cual **se considera suficiente** para gastos con un periodo de retorno de 100 y 1,000 años.

2.4.- Puente "Sin Nombre"

Nombre	Estado	Coordenadas	Longitud (m)
Sin Nombre	Chiapas	16.237166: - 93.99111	268



Figura 19 Vista de puente



Figura 18 Socavación



Figura 20 Socavación

2.4.1 Parámetros hidráulicos

El análisis de la socavación general con un periodo de retorno de 100 años (para el gasto de diseño), muestra que no habrá un decremento en el nivel del suelo, con un gasto de 430 metros cúbicos sobre segundo y una velocidad de 1.59 metros sobre segundo; la socavación local esperada para la pila 3 (la más desfavorable) es de 1.31 metros.

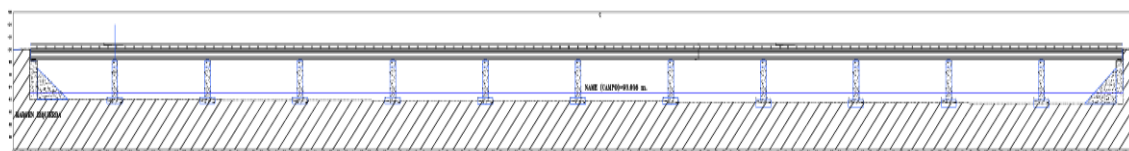


Figura 21 Perfil esperado después de la socavación

2.4.2 Estabilidad por volteo

El análisis de estabilidad por volteo y deslizamiento del puente muestra que para todas las combinaciones de carga el puente es estable.

Volteo				
Caso	Mr (t-m)	Ma (t-m)	Mr/Ma	Estado
A	26	3.7	7.1	OK
B	22	3.7	6.0	OK
C	22	14.3	1.56	OK

Deslizamiento				
Caso	Fr (t)	Fa (t)	Fr/Fa	Estado
A	16	3.3	4.77	OK
B	13	2.5	5.13	OK
C	13	11.2	1.14	OK

Figura 22 Factores de seguridad resultantes para diversas combinaciones de carga

*Nótese que debido a que no se poseen datos precisos de la cimentación como la profundidad a la que están desplantados los pilotes en el proceso de cálculo se optó por un cálculo conservador y no se tomó toda la resistencia al arranque de pilote, la cual podría aumentar de manera significativa la resistencia a volteo y deslizamiento del puente.

2.4.3 Conclusiones

La estabilidad del puente se considera suficiente para volteo y deslizamiento; **para** el caso de **socavación local y general es necesario el uso de alguna medida de mitigación**, para las pilas 9,10 y 11.

El galibo del puente supera los 2.5 metros por lo cual **se considera suficiente** para gastos con un periodo de retorno de 100 y 1,000 años.

2.5.- Puente “Pijjiapan”

Nombre	Estado	Coordenadas	Longitud (m)
Pijjiapan	Chiapas	15.69844: - 93.2109722	153



Figura 23 Evidencia de colapso de puente anterior



Figura 25 Puente Pijjiapan



Figura 24 Socavación en pila

2.5.1 Parámetros hidráulicos

El análisis de la socavación general con un periodo de retorno de 100 años (para el gasto de diseño), muestra que habrá un decremento de 2.33 metros en el nivel del suelo, con un gasto de 1,395 metros cúbicos sobre segundo y una velocidad de 3.37 metros sobre segundo; la socavación local esperada para la pila 3 (la más desfavorable) es de 3.73 metros.

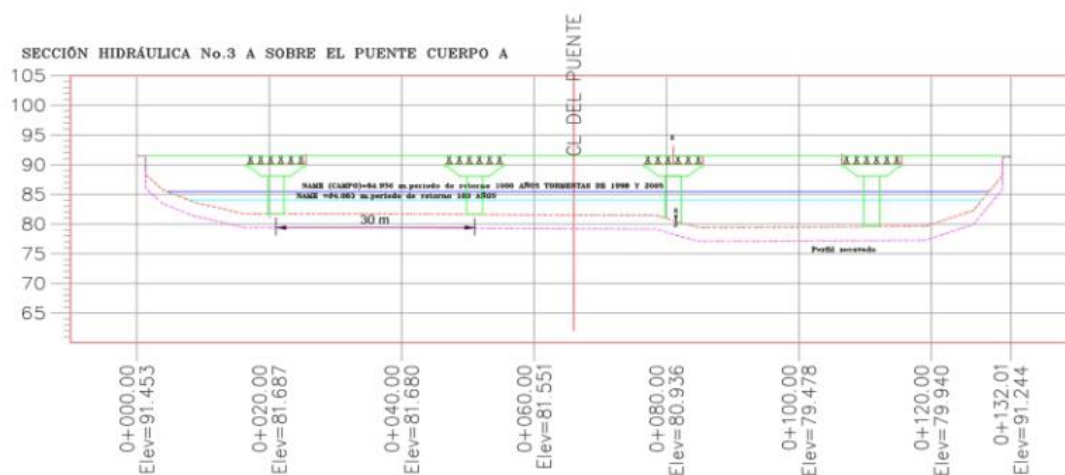


Figura 26 Perfil esperado después de la socavación

2.5.2 Estabilidad por volteo

El análisis de estabilidad por volteo y deslizamiento del puente muestra que para todas las combinaciones de carga el puente es estable.

Combinaciones de carga				
A	D + L + SF	D	Carga muerta	Para deslizamiento $\mu = 0.55$
B	D + SF	L	Carga viva	
C	D + SF + EQ	SF	Flujo de la corriente	
		EQ	Sismo	
Factor de seguridad a volteo 2				
Factor de seguridad a deslizamiento 1.5				

Volteo				
Caso de carga	MR	MA	MR/MA	Evaluación volteo
A	8,865.31	57.11	155.23	OK
B	5,614.93	57.11	98.32	OK
C	5,614.93	2,484.93	2.26	OK

Deslizamiento				
Caso de carga	FR	FA	MR/MA	E. Deslizamiento
A	490.40	22.84	21.47	OK
B	321.75	22.84	14.08	OK
C	585.00	373.25	1.57	OK

Nota* Para el caso donde intervienen fuerzas de sismo los factores de seguridad se reducen en un 75% (AASHTO 5.5.5)

Figura 27 Factores de seguridad resultantes para diversas combinaciones de carga

*Nótese que debido a que no se poseen datos precisos de la cimentación como la profundidad a la que están desplantados los pilotes en el proceso de cálculo se optó por un cálculo conservador y no se tomó toda la resistencia al arranque de pilote, la cual podría aumentar de manera significativa la resistencia a volteo y deslizamiento del puente.

2.5.3 Conclusiones

La estabilidad del puente se considera suficiente para volteo y deslizamiento; **para** el caso de socavación local y general es necesario el uso de alguna medida de mitigación, para las pilas 3 y 4.

El galibo del puente supera los 2.5 metros por lo cual **se considera suficiente** para gastos con un periodo de retorno de 100 y 1,000 años.

2.6.- Puente “Urbina”

Nombre	Estado	Coordenadas	Longitud (m)
Urbina	Chiapas	15.7239: - 93.256	132



Figura 30 Puente Urbina cuerpo 1 y 2



Figura 29 Puente Urbina cuerpo 1



Figura 28 Puente Urbina cuerpo 2

2.6.1 Parámetros hidráulicos

El análisis de la socavación general con un periodo de retorno de 100 años (para el gasto de diseño), muestra que no habrá un decremento en el nivel del suelo, con un gasto de 360 metros cúbicos sobre segundo y una velocidad de 2.23 metros sobre segundo; la socavación local esperada para la pila 4 (la más desfavorable) es de .44 metros.

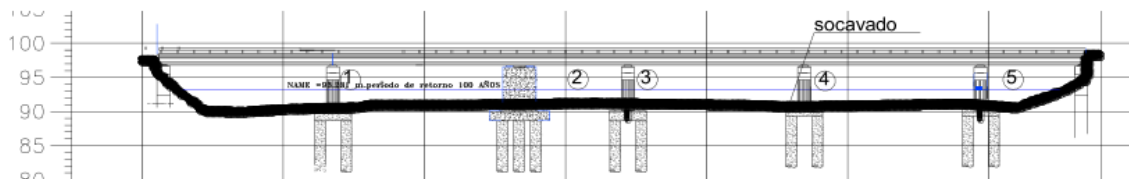


Figura 31 Perfil esperado después de la socavación

2.6.2 Estabilidad por volteo

El análisis de estabilidad por volteo y deslizamiento del puente muestra que para todas las combinaciones de carga el puente es estable.

Volteo				
Caso	Mr (t-m)	Ma (t-m)	Mr/Ma	Estado
A	24	2.8	8.5	OK
B	19	2.8	6.7	OK
C	19	10.2	1.85	OK

Deslizamiento				
Caso	Fr (t)	Fa (t)	Fr/Fa	Estado
A	14	3.3	4.18	OK
B	11	2.5	4.40	OK
C	11	9.0	1.21	OK

Figura 32 Factores de seguridad resultantes para diversas combinaciones de carga

*Nótese que debido a que no se poseen datos precisos de la cimentación como la profundidad a la que están desplantados los pilotes en el proceso de cálculo se optó por un cálculo conservador y no se tomó toda la resistencia al arranque de pilote, la cual podría aumentar de manera significativa la resistencia a volteo y deslizamiento del puente.

2.6.3 Conclusiones

La estabilidad del puente se considera suficiente para volteo y deslizamiento; **para** el caso de socavación local y general es necesario el uso de alguna medida de mitigación, para las pilas 3 y 4.

El galibo del puente supera los 2.5 metros por lo cual **se considera suficiente** para gastos con un periodo de retorno de 100 y 1,000 años.

2.7.- Puente “Los perros”

Nombre	Estado	Coordenadas	Longitud (m)
Los perros	Oaxaca	16.5795: - 95.12077	240



Figura 33 Socavación



Figura 34 Estado de deterioro de pilotes



Figura 35 Daño en pilotes

2.7.1 Parámetros hidráulicos

El análisis de la socavación general con un periodo de retorno de 100 años (para el gasto de diseño), muestra que habrá un decremento de 5.75 metros en el nivel del suelo, con un gasto de 1,375 metros cúbicos sobre segundo y una velocidad de 3.14 metros sobre segundo; la socavación local esperada para la pila 4 (la más desfavorable) es de 2.28 metros.

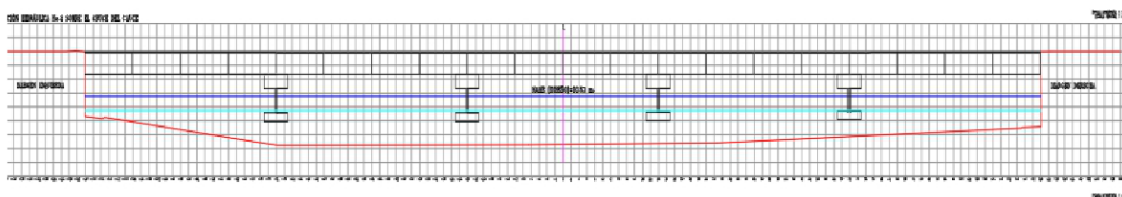


Figura 36 Perfil esperado después de la socavación

2.7.2 Estabilidad por volteo

El análisis de estabilidad por volteo del puente muestra que para todas las combinaciones de carga el puente es estable, y para la condición de carga C el puente no cumple con el factor de seguridad de 1.5.

Combinaciones de carga					
A	D + L + SF	D	Carga muerta	Para deslizamiento	$\mu = 0.55$
B	D + SF	L	Carga viva		
C	D + SF + EQ	SF	Flujo de la corriente		
		EQ	Sismo		
Factor de seguridad a volteo					
Factor de seguridad a deslizamiento					
2					
1.5					

Volteo				
Caso de carga	MR	MA	MR/MA	Evaluación volteo
A	12,896.72	670.19	19.24	OK
B	8,212.17	670.19	12.25	OK
C	8,212.17	3,768.56	2.18	OK

Deslizamiento				
Caso de carga	FR	FA	MR/MA	E. Deslizamiento
A	718.10	174.07	4.13	OK
B	465.74	174.07	2.68	OK
C	846.81	750.59	1.13	No pasa

Nota* Para el caso donde intervienen fuerzas de sismo los factores de seguridad se reducen en un 75% (AASHTO 5.5.5)

Figura 37 Factores de seguridad resultantes para diversas combinaciones de carga

*Nótese que debido a que no se poseen datos precisos de la cimentación como la profundidad a la que están desplantados los pilotes en el proceso de cálculo se optó por un cálculo conservador y no se tomó toda la resistencia al arranque de pilote, la cual podría aumentar de manera significativa la resistencia a volteo y deslizamiento del puente.

2.7.3 Conclusiones

La estabilidad del puente se considera suficiente para volteo e insuficiente para deslizamiento; para el caso de socavación local y general es necesario el uso de alguna medida de mitigación, para las pilas 2,3,4 y 5.

El galibo del puente supera los 2.5 metros por lo cual se considera suficiente para gastos con un periodo de retorno de 100 y 1,000 años.

2.8.- Puente “San Francisco”

Nombre	Estado	Coordenadas	Longitud (m)
San Francisco	Oaxaca	16.0775: - 97.05556	85



Figura 39 Socavación general



Figura 38 RipRap en pila de puente



Figura 40 Socavación en pila

2.8.1 Parámetros hidráulicos

El análisis de la socavación general con un periodo de retorno de 100 años (para el gasto de diseño), muestra que habrá un decremento de 2.54 metros en el nivel del suelo, con un gasto de 402 metros cúbicos sobre segundo y una velocidad de 2.41 metros sobre segundo; la socavación local esperada para la pila 5 (la más desfavorable) es de 1.11 metros.

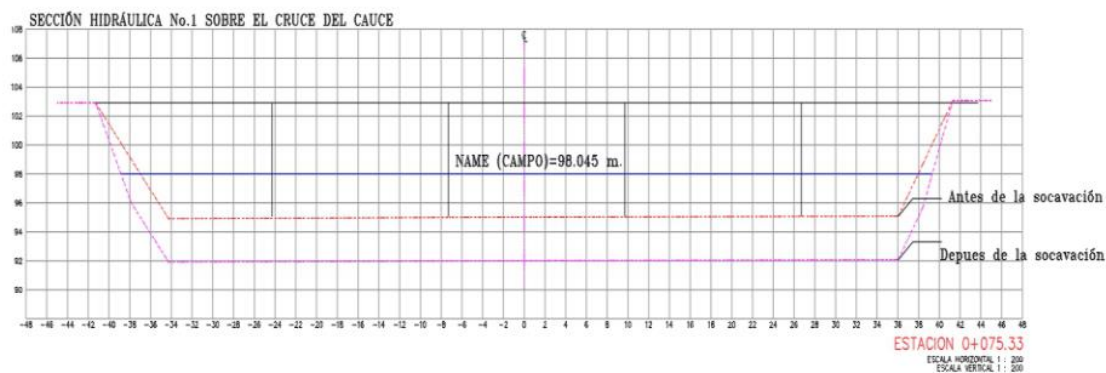


Figura 41 Perfil esperado después de la socavación

2.8.2 Estabilidad por volteo

El análisis de estabilidad por volteo del puente muestra que para la combinación de carga “C” el puente no cumple el factor de seguridad requerido (1.5) para volteo y deslizamiento.

Ψ Caso de carga “C” carga muerta + empuje sísmico + empuje de la corriente

Combinaciones de carga				
A	D + L + SF	D	Carga muerta	Para deslizamiento $\mu = 0.55$
B	D + SF	L	Carga viva	
C	D + SF + EQ	SF	Flujo de la corriente	
		EQ	Sismo	
Factor de seguridad a volteo 2				
Factor de seguridad a deslizamiento 1.5				
Volteo				
Caso de carga	MR	MA	MR/MA	Evaluación volteo
A	2,979.63	186.80	15.95	OK
B	1,608.25	186.80	8.61	OK
C	1,608.25	1,651.27	0.97	No pasa
Deslizamiento				
Caso de carga	FR	FA	MR/MA	E. Deslizamiento
A	301.18	138.37	2.18	OK
B	213.56	138.37	1.54	OK
C	350.28	504.43	0.69	No pasa

Nota* Para el caso donde intervienen fuerzas de sismo los factores de seguridad se reducen en un 75% (AASHTO 5.5.5)

Figura 42 Factores de seguridad resultantes para diversas combinaciones de carga

*Nótese que debido a que no se poseen datos precisos de la cimentación como la profundidad a la que están desplantados los pilotes en el proceso de cálculo se optó por un cálculo conservador y no se tomó toda la resistencia al arranque de pilote, la cual podría aumentar de manera significativa la resistencia a volteo y deslizamiento del puente.

2.8.3 Conclusiones

La estabilidad del puente se considera insuficiente para volteo e insuficiente para deslizamiento; para el caso de socavación local y general es necesario el uso de alguna medida de mitigación, para las pilas 2,3,y 4.

El galibo del puente supera los 2.5 metros por lo cual se considera suficiente para gastos con un periodo de retorno de 100 y 1,000 años.

2.9.- Puente “Azteca”

Nombre	Estado	Coordenadas	Longitud (m)
Azteca	Chiapas	16.2371667: - 93.9911	246



Figura 43 Vista del puente y socavación

2.9.1 Parámetros hidráulicos

El análisis de la socavación general con un periodo de retorno de 100 años (para el gasto de diseño), muestra que habrá un decremento de 5.11 metros en el nivel del suelo, con un gasto de 1,103 metros cúbicos sobre segundo y una velocidad de 2.93 metros sobre segundo; la socavación local esperada para la pila 9 (la más desfavorable) es de 2.02 metros.

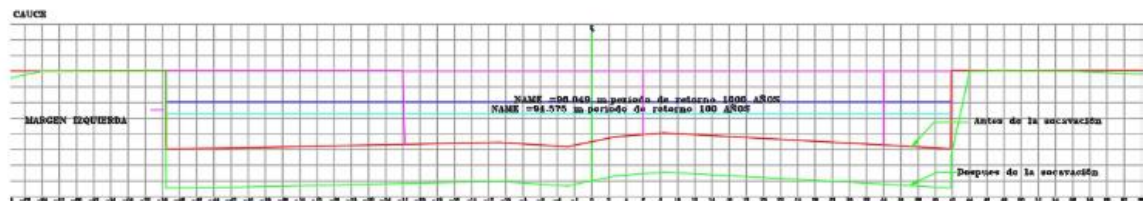


Figura 44 Perfil esperado después de la socavación

2.9.2 Estabilidad por volteo

El análisis de estabilidad por volteo del puente muestra que para las combinaciones de carga C y B el puente no cumple el factor de seguridad requerido (1.5) para y deslizamiento, el puente cumple con los factores de seguridad a volteo.

Ψ Caso de carga "C" carga muerta + empuje sísmico + empuje de la corriente

Ψ Caso de carga "B" carga muerta + empuje de la corriente

Combinaciones de carga					
A	D + L + SF	D	Carga muerta	Para deslizamiento	$\mu = 0.55$
B	D + SF	L	Carga viva		
C	D + SF + EQ	SF	Flujo de la corriente		
		EQ	Sismo		
Factor de seguridad a volteo					
Factor de seguridad a deslizamiento					
2					
1.5					
Volteo					
Caso de carga	MR	MA	MR/MA	Evaluación volteo	
A	8,916.78	492.28	18.11	OK	
B	5,758.44	492.28	11.70	OK	
C	5,758.44	3,473.19	1.66	OK	
Deslizamiento					
Caso de carga	FR	FA	MR/MA	E. Deslizamiento	
A	507.86	281.30	1.81	OK	
B	384.33	281.30	1.37	No pasa	
C	627.10	733.74	0.85	No pasa	

Nota* Para el caso donde intervienen fuerzas de sismo los factores de seguridad se reducen en un 75% (AASHTO 5.5.5)

Sin tomar en cuenta la cimentación completa*

Sin tomar en cuenta la cimentación completa*

Figura 45 Factores de seguridad resultantes para diversas combinaciones de carga

*Nótese que debido a que no se poseen datos precisos de la cimentación como la profundidad a la que están desplantados los pilotes en el proceso de cálculo se optó por un cálculo conservador y no se tomó toda la resistencia al arranque de pilote, la cual podría aumentar de manera significativa la resistencia a volteo y deslizamiento del puente.

2.9.3 Conclusiones

La estabilidad del puente se considera suficiente para volteo e insuficiente para deslizamiento; para el caso de socavación local y general es necesario el uso de alguna medida de mitigación, para las pilas 2 y 3.

El galibo del puente supera los 2.5 metros por lo cual se considera suficiente para gastos con un periodo de retorno de 100 y 1,000 años.

2.10.- Puente “Nexpa”

Nombre	Estado	Coordenadas	Longitud (m)
Nexpa	Guerrero	16.7725: - 99.197222	422.5



Figura 47 Socavación en pila de puente



Figura 46 Altura de socavación



Figura 48 Vista de puente

2.10.1 Parámetros hidráulicos

El análisis de la socavación general con un periodo de retorno de 100 años (para el gasto de diseño), muestra que habrá un decremento de 1.16 metros en el nivel del suelo, con un gasto de 3,168 metros cúbicos sobre segundo y una velocidad de 1.93 metros sobre segundo; la socavación local esperada para la pila 5 (la más desfavorable) es de .08 metros.

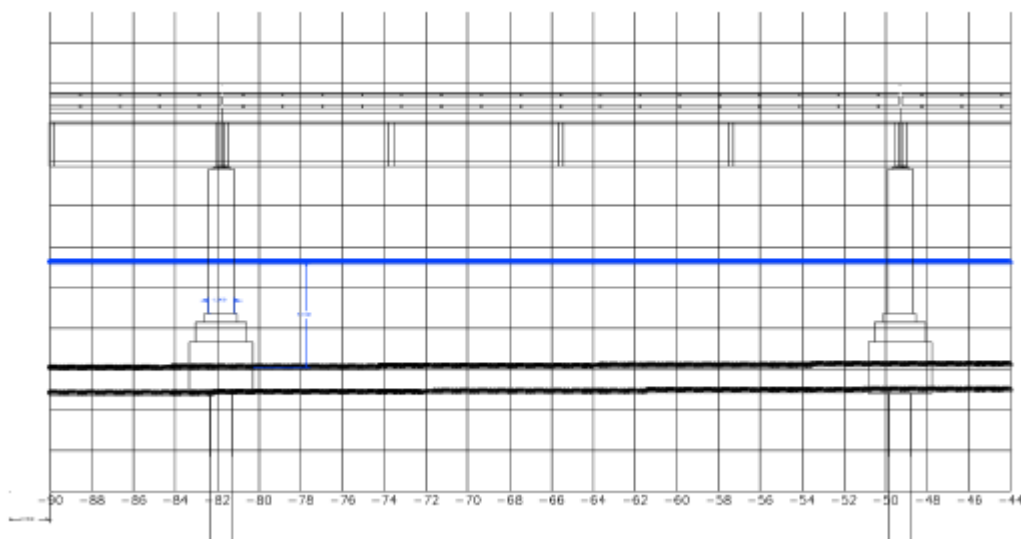


Figura 49 Perfil esperado después de la socavación

2.10.2 Estabilidad por volteo

El análisis de estabilidad por volteo y deslizamiento del puente muestra que para todas las combinaciones de carga el puente es estable.

Volteo				
Caso	Mr (t-m)	Ma (t-m)	Mr/Ma	Estado
A	52	0.2	248.1	OK
B	41	0.2	194.9	OK
C	41	25.2	1.63	OK

Deslizamiento				
Caso	Fr (t)	Fa (t)	Fr/Fa	Estado
A	29	5.5	5.26	OK
B	22	4.4	5.02	OK
C	22	19.2	1.16	OK

Figura 50 Factores de seguridad resultantes para diversas combinaciones de carga

*Nótese que debido a que no se poseen datos precisos de la cimentación como la profundidad a la que están desplantados los pilotes en el proceso de cálculo se optó por un cálculo conservador y no se tomó toda la resistencia al arranque de pilote, la cual podría aumentar de manera significativa la resistencia a volteo y deslizamiento del puente.

2.10.3 Conclusiones

La estabilidad del puente se considera suficiente para volteo y suficiente para deslizamiento; para el caso de socavación local y general es necesario el uso de alguna medida de mitigación, para las pilas 4,5,6,7 y 8.

El galibo del puente supera los 2.5 metros por lo cual se considera suficiente para gastos con un periodo de retorno de 100 y 1,000 años.

2.11.- Puente “Cocheros”

Nombre	Estado	Coordenadas	Longitud (m)
Cocheros	Guerrero	16.9434: - 99.9663	422.5



Figura 52 Daños a cono de derrame



Figura 51 Puente Cocheros

2.11.1 Parámetros hidráulicos

El análisis de la socavación general con un periodo de retorno de 100 años (para el gasto de diseño), muestra que habrá un decremento de 6.23 metros en el nivel del suelo, con un gasto de 842 metros cúbicos sobre segundo y una velocidad de 3.32 metros sobre segundo; la socavación local esperada para la pila 2 (la más desfavorable) es de .01 metros.

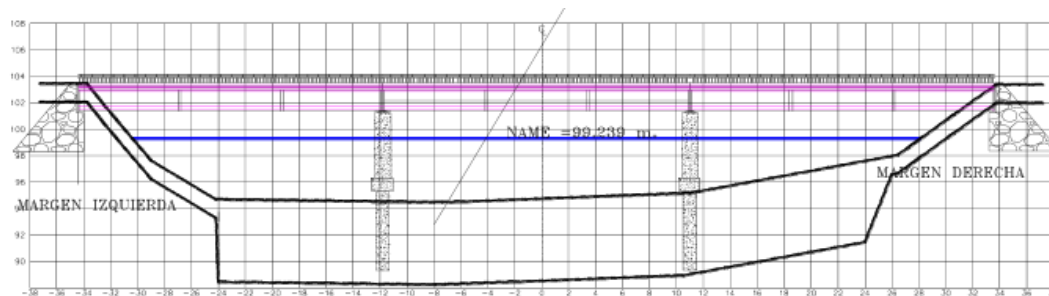


Figura 53 Perfil esperado después de la socavación

2.11.2 Estabilidad por volteo

El análisis de estabilidad por volteo y deslizamiento del puente muestra que para todas las combinaciones de carga el puente es estable.

Volteo				
Caso	Mr (t-m)	Ma (t-m)	Mr/Ma	Estado
A	41	0.6	63.7	OK
B	32	0.6	49.6	OK
C	32	16.2	1.97	OK

Deslizamiento				
Caso	Fr (t)	Fa (t)	Fr/Fa	Estado
A	22	6.8	3.25	OK
B	17	5.6	2.97	OK
C	17	14.7	1.13	OK

Figura 54 Factores de seguridad resultantes para diversas combinaciones de carga

*Nótese que debido a que no se poseen datos precisos de la cimentación como la profundidad a la que están desplantados los pilotes en el proceso de cálculo se optó por un cálculo conservador y no se tomó toda la resistencia al arranque de pilote, la cual podría aumentar de manera significativa la resistencia a volteo y deslizamiento del puente.

2.11.3 Conclusiones

La estabilidad del puente se considera suficiente para volteo y suficiente para deslizamiento; para el caso de socavación local y general es necesario el uso de alguna medida de mitigación, para las pilas 2 y 3, así como reparaciones al cono de derrame dañado.

El galibo del puente supera los 2.5 metros por lo cual se considera suficiente para gastos con un periodo de retorno de 100 y 1,000 años.

2.12.- Puente “Cañas principal”

Nombre	Estado	Coordenadas	Longitud (m)
Cañas principal	Nayarit	22.499333: - 105.4830833	163



Figura 56 Socavación de pilas



Figura 55 Socavación de pilas

2.12.1 Parámetros hidráulicos

El análisis de la socavación general con un periodo de retorno de 100 años (para el gasto de diseño), muestra que habrá un decremento de 9.56 metros en el nivel del suelo, con un gasto de 2,043 metros cúbicos sobre segundo y una velocidad de 4.43 metros sobre segundo; la socavación local esperada para la pila 2 (la más desfavorable) es de 2.22 metros.

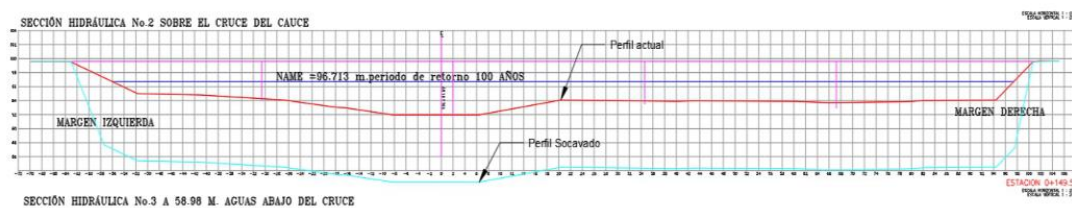


Figura 57 Perfil esperado después de la socavación

2.12.2 Estabilidad por volteo

El análisis de estabilidad por volteo del puente muestra que para la combinación de carga “C” el puente no cumple el factor de seguridad requerido (1.5) para deslizamiento.

Ψ Caso de carga “C” carga muerta + empuje sísmico + empuje de la corriente

Combinaciones de carga					
A	D + L + SF	D	Carga muerta	Para deslizamiento	$\mu = 0.55$
B	D + SF	L	Carga viva		
C	D + SF + EQ	SF	Flujo de la corriente		
		EQ	Sismo		
Factor de seguridad a volteo 2					
Factor de seguridad a deslizamiento 1.5					

Volteo				
Caso de carga	MR	MA	MR/MA	Evaluación volteo
A	6,856.85	430.34	15.93	OK
B	4,740.41	430.34	11.02	OK
C	4,740.41	2,043.80	2.32	OK

Deslizamiento				
Caso de carga	FR	FA	MR/MA	E. Deslizamiento
A	525.35	183.12	2.87	OK
B	401.75	183.12	2.19	OK
C	657.08	520.58	1.26	No pasa

Nota* Para el caso donde intervienen fuerzas de sismo los factores de seguridad se reducen en un 75% (AASHTO 5.5.5)

Figura 58 Factores de seguridad resultantes para diversas combinaciones de carga

*Nótese que debido a que no se poseen datos precisos de la cimentación como la profundidad a la que están desplantados los pilotes en el proceso de cálculo se optó por un cálculo conservador y no se tomó toda la resistencia al arranque de pilote, la cual podría aumentar de manera significativa la resistencia a volteo y deslizamiento del puente.

2.12.3 Conclusiones

La estabilidad del puente se considera suficiente para volteo e insuficiente para deslizamiento; para el caso de socavación local y general es necesario el uso de alguna medida de mitigación, para las pilas 2 y 3.

El galibo del puente no supera los 2.5 metros por lo cual se considera insuficiente para gastos con un periodo de retorno de 1,000 años.

2.13.- Puente “Pericos”

Nombre	Estado	Coordenadas	Longitud (m)
Pericos	Sinaloa	24.94180556: - 107.7488056	150



Figura 59 Socavación en pila de puente



Figura 60 Socavación general

2.13.1 Parámetros hidráulicos

El análisis de la socavación general con un periodo de retorno de 100 años (para el gasto de diseño), muestra que habrá un decremento de 6.03 metros en el nivel del suelo, con un gasto de 2,847 metros cúbicos sobre segundo y una velocidad de 3.44 metros sobre segundo; la socavación local esperada para la pila 2 (la más desfavorable) es de .05 metros.

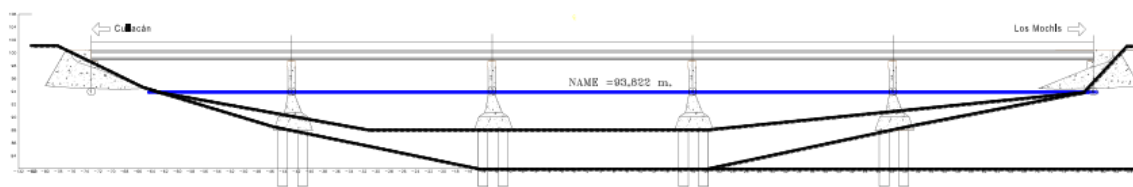


Figura 61 Perfil esperado después de la socavación

2.13.2 Estabilidad por volteo

El análisis de estabilidad por volteo del puente muestra que para la combinación de carga “C” el puente no cumple el factor de seguridad requerido (1.5) para deslizamiento y volteo.

Ψ Caso de carga “C” carga muerta + empuje sísmico + empuje de la corriente

Volteo				
Caso	Mr (t-m)	Ma (t-m)	Mr/Ma	Estado
A	37981	170.9	222.2	OK
B	35266	377.4	93.4	OK
C	35266	37351.4	0.94	no cumple

Deslizamiento				
Caso	Fr (t)	Fa (t)	Fr/Fa	Estado
A	1781	29.6	60.18	OK
B	1654	41.3	40.02	OK
C	1654	2255.0	0.73	no cumple

Figura 62 Factores de seguridad resultantes para diversas combinaciones de carga

*Nótese que debido a que no se poseen datos precisos de la cimentación como la profundidad a la que están desplantados los pilotes en el proceso de cálculo se optó por un cálculo conservador y no se tomó toda la resistencia al arranque de pilote, la cual podría aumentar de manera significativa la resistencia a volteo y deslizamiento del puente.

2.13.3 Conclusiones

La estabilidad del puente se considera insuficiente para volteo e insuficiente para deslizamiento; para el caso de socavación local y general es necesario el uso de alguna medida de mitigación, para las pilas 2,3,4 y 5.

El galibo del puente supera los 2.5 metros por lo cual se considera suficiente para gastos con un periodo de retorno de 1,000 años.

2.14.- Puente "Piactla"

Nombre	Estado	Coordenadas	Longitud (m)
Piactla	Sinaloa	23.8851944 - 106.620056	210



Figura 63 Puente Piactla



Figura 65 Socavación local



Figura 64 Socavación de pilas de puente

2.14.1 Parámetros hidráulicos

El análisis de la socavación general con un periodo de retorno de 100 años (para el gasto de diseño), muestra que habrá un decremento de 9.02 metros en el nivel del suelo, con un gasto de 5,445 metros cúbicos sobre segundo y una velocidad de 4.03 metros sobre segundo; la socavación local esperada para la pila 2 (la más desfavorable) es de 2.14 metros.

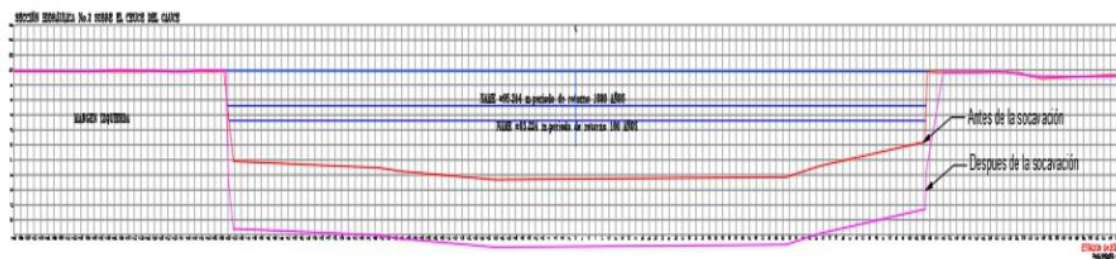


Figura 66 Perfil esperado después de la socavación

2.14.2 Estabilidad por volteo

El análisis de estabilidad por volteo del puente muestra que para la combinación de carga “C” el puente no cumple el factor de seguridad requerido (1.5) para deslizamiento.

Ψ Caso de carga “C” carga muerta + empuje sísmico + empuje de la corriente

Combinaciones de carga					
A	D + L + SF	D	Carga muerta	μ =	0.55
B	D + SF	L	Carga viva		
C	D + SF + EQ	SF	Flujo de la corriente		
		EQ	Sismo		

Volteo				
Caso de carga	MR	MA	MR/MA	Evaluación volteo
A	12,968.81	670.74	19.34	OK
B	8,373.59	670.74	12.48	OK
C	8,373.59	4,339.03	1.93	OK

Deslizamiento				
Caso de carga	FR	FA	MR/MA	E. Deslizamiento
A	467.33	165.62	2.82	OK
B	334.32	165.62	2.02	OK
C	555.69	471.95	1.18	No pasa

Figura 67 Factores de seguridad resultantes para diversas combinaciones de carga

*Nótese que debido a que no se poseen datos precisos de la cimentación como la profundidad a la que están desplantados los pilotes en el proceso de cálculo se optó por un cálculo conservador y no se tomó toda la resistencia al arranque de pilote, la cual podría aumentar de manera significativa la resistencia a volteo y deslizamiento del puente.

2.14.3 Conclusiones

La estabilidad del puente se considera suficiente para volteo e insuficiente para deslizamiento; para el caso de socavación local y general es necesario el uso de alguna medida de mitigación, para las pilas 2,3,4 ,5,6 y 7.

El galibo del puente supera los 2.5 metros por lo cual se considera suficiente para gastos con un periodo de retorno de 1,000 años.

2.15.- Puente “Cazadero”

Nombre	Estado	Coordenadas	Longitud (m)
Cazadero	Oaxaca	16.56924 - 96.68277	73.2



Figura 68 Socavación



Figura 69 Puente Cazadero

2.15.1 Parámetros hidráulicos

El análisis de la socavación general con un periodo de retorno de 100 años (para el gasto de diseño), muestra que habrá un decremento .26 metros en el nivel del suelo, con un gasto de 434 metros cúbicos sobre segundo y una velocidad de 2.67 metros sobre segundo; la socavación local esperada para la pila 2 (la más desfavorable) es de .11 metros.

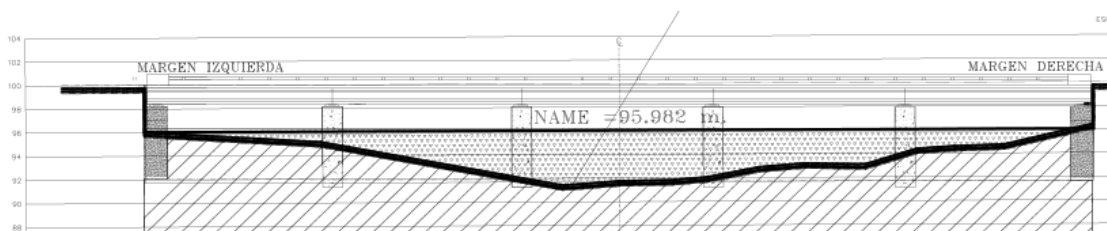


Figura 70 Perfil esperado después de la socavación

2.15.2 Estabilidad por volteo

El análisis de estabilidad por volteo del puente muestra que para la combinación de carga “C” el puente no cumple el factor de seguridad requerido (1.5) para deslizamiento.

Ψ Caso de carga “C” carga muerta + empuje sísmico + empuje de la corriente

Volteo				
Caso	Mr (t-m)	Ma (t-m)	Mr/Ma	Estado
A	6197	2.2	2760.8	OK
B	5371	22.7	236.5	OK
C	5371	2600.2	2.07	OK

Deslizamiento				
Caso	Fr (t)	Fa (t)	Fr/Fa	Estado
A	485	1.6	312.80	OK
B	423	5.3	80.31	OK
C	423	548.6	0.77	no cumple

Figura 71 Factores de seguridad resultantes para diversas combinaciones de carga

*Nótese que debido a que no se poseen datos precisos de la cimentación como la profundidad a la que están desplantados los pilotes en el proceso de cálculo se optó por un cálculo conservador y no se tomó toda la resistencia al arranque de pilote, la cual podría aumentar de manera significativa la resistencia a volteo y deslizamiento del puente.

2.15.3 Conclusiones

La estabilidad del puente se considera suficiente para volteo e insuficiente para deslizamiento; para el caso de socavación local y general es necesario el uso de alguna medida de mitigación, para las pilas 2,3,4 y 5.

El galibo del puente supera los 2.5 metros por lo cual se considera suficiente para gastos con un periodo de retorno de 1,000 años.

2.16.- Puente “Tupitina”

Nombre	Estado	Coordenadas	Longitud (m)
Tupitina	Michoacán	18.17913889 - 102.9324722	83.56



Figura 72 Socavación en pila



Figura 73 Puente Tupitina

2.16.1 Parámetros hidráulicos

El análisis de la socavación general con un periodo de retorno de 100 años (para el gasto de diseño), muestra que habrá un decremento .63 metros en el nivel del suelo, con un gasto de 356 metros cúbicos sobre segundo y una velocidad de 1.9 metros sobre segundo; la socavación local esperada para la pila 2 (la más desfavorable) es de 2.66 metros.

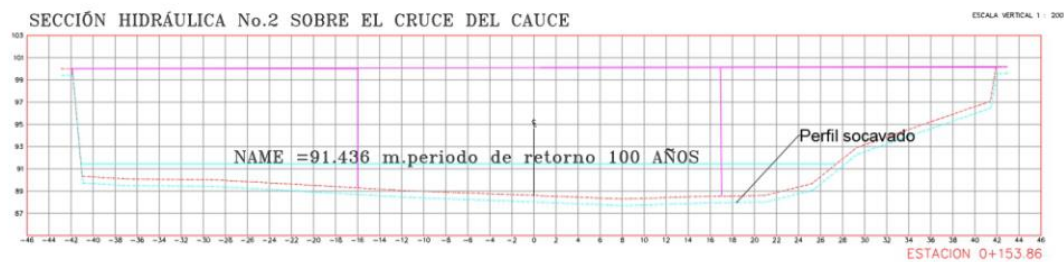


Figura 74 Perfil esperado después de la socavación

2.16.2 Estabilidad por volteo

El análisis de estabilidad por volteo y deslizamiento del puente muestra que para todas las combinaciones de carga el puente es estable.

Combinaciones de carga					
A	D + L + SF	D	Carga muerta	Para deslizamiento	$\mu = 0.55$
B	D + SF	L	Carga viva		
C	D + SF + EQ	SF	Flujo de la corriente		
		EQ	Sismo		
Factor de seguridad a volteo					
Factor de seguridad a deslizamiento					
2					
1.5					
Volteo					
Caso de carga	MR	MA	MR/MA	Evaluación volteo	
A	25,277.81	70.34	359.35	OK	
B	18,256.36	70.34	259.53	OK	
C	18,256.36	5,466.64	3.34	OK	
Deslizamiento					
Caso de carga	FR	FA	MR/MA	E. Deslizamiento	
A	790.56	52.11	15.17	OK	
B	577.80	52.11	11.09	OK	
C	1,048.38	464.91	2.26	OK	

Nota* Para el caso donde intervienen fuerzas de sismo los factores de seguridad se reducen en un 75% (AASHTO 5.5.5)

Figura 75 Factores de seguridad resultantes para diversas combinaciones de carga

*Nótese que debido a que no se poseen datos precisos de la cimentación como la profundidad a la que están desplantados los pilotes en el proceso de cálculo se optó por un cálculo conservador y no se tomó toda la resistencia al arranque de pilote, la cual podría aumentar de manera significativa la resistencia a volteo y deslizamiento del puente.

2.16.3 Conclusiones

La estabilidad del puente se considera suficiente para volteo y suficiente para deslizamiento; para el caso de socavación local y general es necesario el uso de alguna medida de mitigación, para la pila 2.

El galibo del puente supera los 2.5 metros por lo cual se considera suficiente para gastos con un periodo de retorno de 1,000 años.

2.17.- Puente "Presidio"

Nombre	Estado	Coordenadas	Longitud (m)
Presidio	Sinaloa	23.1911667 - 106.2241944	333



Figura 76 Puente Presidio

2.17.1 Parámetros hidráulicos

El análisis de la socavación general con un periodo de retorno de 100 años (para el gasto de diseño), muestra que habrá un decremento 5.4 metros en el nivel del suelo, con un gasto de 5,934 metros cúbicos sobre segundo y una velocidad de 4 metros sobre segundo; la socavación local esperada para la pila 5 (la más desfavorable) es de .15 metros.

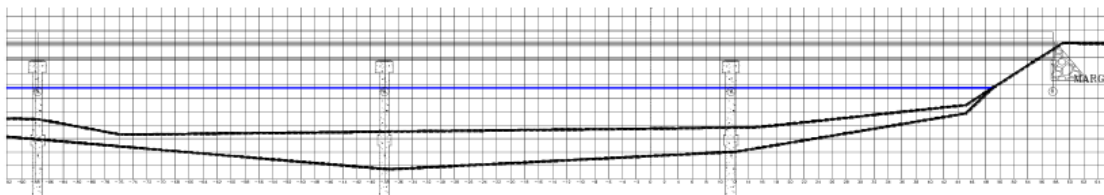


Figura 77 Perfil esperado despees de la socavación

2.17.2 Estabilidad por volteo

El análisis de estabilidad por volteo y deslizamiento del puente muestra que para todas las combinaciones de carga el puente es estable.

Volteo				
Caso	Mr (t-m)	Ma (t-m)	Mr/Ma	Estado
A	71	3.7	19.0	OK
B	62	3.7	16.7	OK
C	62	40.1	1.56	OK

Deslizamiento				
Caso	Fr (t)	Fa (t)	Fr/Fa	Estado
A	42	3.3	12.72	OK
B	37	2.5	14.89	OK
C	37	32.8	1.13	OK

Figura 78 Factores de seguridad resultantes para diversas combinaciones de carga

*Nótese que debido a que no se poseen datos precisos de la cimentación como la profundidad a la que están desplantados los pilotes en el proceso de cálculo se optó por un cálculo conservador y no se tomó toda la resistencia al arranque de pilote, la cual podría aumentar de manera significativa la resistencia a volteo y deslizamiento del puente.

2.17.3 Conclusiones

La estabilidad del puente se considera suficiente para volteo y suficiente para deslizamiento; para el caso de socavación local y general es necesario el uso de alguna medida de mitigación, para las pilas 4,5 y 6.

El galibo del puente supera los 2.5 metros por lo cual **se considera suficiente** para gastos con un periodo de retorno de 1,000 años.

2.18.- Puente “Tomatlan”

Nombre	Estado	Coordenadas	Longitud (m)
Tomatlan	Jalisco	19.8836 - 105.3401	177.5



Figura 79 Cuerpos de puente tomatlan



Figura 80 Vista de puente

2.18.1 Parámetros hidráulicos

El análisis de la socavación general con un periodo de retorno de 100 años (para el gasto de diseño), muestra que habrá un decremento 6.65 metros en el nivel del suelo, con un gasto de 5,445 metros cúbicos sobre segundo y una velocidad de 4.64 metros sobre segundo; la socavación local esperada para la pila 5 (la más desfavorable) es de 3.58 metros.

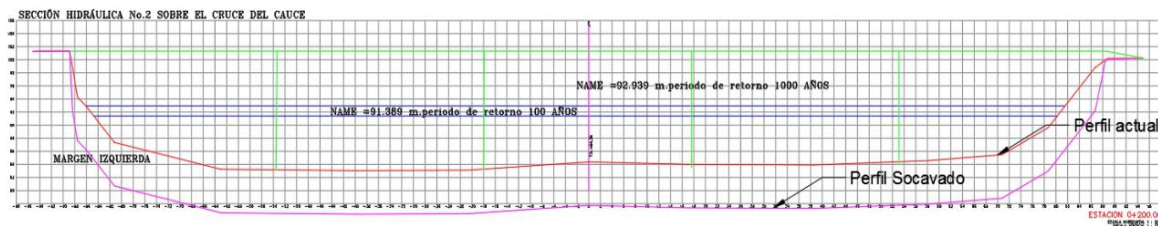


Figura 81 Perfil esperado después de la socavación

2.18.2 Estabilidad por volteo

El análisis de estabilidad por volteo y deslizamiento del puente muestra que para todas las combinaciones de carga el puente es inestable a deslizamiento.

Combinaciones de carga					
A	D + L + SF	D	Carga muerta	Para deslizamiento	$\mu = 0.55$
B	D + SF	L	Carga viva		
C	D + SF + EQ	SF	Flujo de la corriente		
		EQ	Sismo		
Factor de seguridad a volteo					
Factor de seguridad a deslizamiento					
2					
1.5					
Volteo					
Caso de carga	MR	MA	MR/MA	Evaluación volteo	
A	12,882.81	1,396.05	9.23	OK	
B	8,747.46	1,396.05	6.27	OK	
C	8,747.46	4,357.06	2.01	OK	
Deslizamiento					
Caso de carga	FR	FA	MR/MA	E. Deslizamiento	
A	577.99	398.87	1.45	No pasa	
B	419.16	398.87	1.05	No pasa	
C	695.62	666.01	1.04	No pasa	

Nota* Para el caso donde intervienen fuerzas de sismo los factores de seguridad se reducen en un 75% (AASHTO 5.5.5)

Figura 82 Factores de seguridad resultantes para diversas combinaciones de carga

*Nótese que debido a que no se poseen datos precisos de la cimentación como la profundidad a la que están desplantados los pilotes en el proceso de cálculo se optó por un cálculo conservador y no se tomó toda la resistencia al arranque de pilote, la cual podría aumentar de manera significativa la resistencia a volteo y deslizamiento del puente.

2.18.3 Conclusiones

La estabilidad del puente se considera suficiente para volteo e insuficiente para deslizamiento; para el caso de socavación local y general es necesario el uso de alguna medida de mitigación, para las pilas 2 y 3.

El galibo del puente supera los 2.5 metros por lo cual se considera suficiente para gastos con un periodo de retorno de 1,000 años.

2.19.- Puente “Ignacio Chávez ”

Nombre	Estado	Coordenadas	Longitud (m)
Ignacio Chávez	Michoacán	17.9331 - 102.1746	550



Figura 83 Puente Ignacio Chávez



Figura 85 Socavación



Figura 84 Socavación

2.19.1 Parámetros hidráulicos

El análisis de la socavación general con un periodo de retorno de 100 años (para el gasto de diseño), muestra que habrá un decremento 2.95 metros en el nivel del suelo, con un gasto de 7,621 metros cúbicos sobre segundo y una velocidad de 3.71 metros sobre segundo; la socavación local esperada para la pila 8 (la más desfavorable) es de .08 metros.

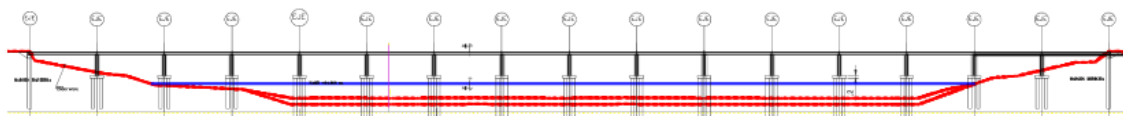


Figura 86 Perfil esperado después de la socavación

2.19.2 Estabilidad por volteo

El análisis de estabilidad por volteo del puente muestra que para la combinación de carga “C” el puente no cumple el factor de seguridad requerido (1.5) para deslizamiento y volteo.

Ψ Caso de carga “C” carga muerta + empuje sísmico + empuje de la corriente

Volteo				
Caso	Mr (t-m)	Ma (t-m)	Mr/Ma	Estado
A	7399	52.9	140.0	OK
B	6621	173.7	38.1	OK
C	6621	11261.5	0.59	no cumple

Deslizamiento				
Caso	Fr (t)	Fa (t)	Fr/Fa	Estado
A	708	13.4	52.63	OK
B	633	21.7	29.17	OK
C	633	598.5	1.06	no cumple

Figura 87 Factores de seguridad resultantes para diversas combinaciones de carga

*Nótese que debido a que no se poseen datos precisos de la cimentación como la profundidad a la que están desplantados los pilotes en el proceso de cálculo se optó por un cálculo conservador y no se tomó toda la resistencia al arranque de pilote, la cual podría aumentar de manera significativa la resistencia a volteo y deslizamiento del puente.

2.19.3 Conclusiones

La estabilidad del puente se considera insuficiente para volteo e insuficiente para deslizamiento; para el caso de socavación local y general es necesario el uso de alguna medida de mitigación, para las pilas 3 a 14.

El galibo del puente supera los 2.5 metros por lo cual se considera suficiente para gastos con un periodo de retorno de 1,000 años.

2.20.- Puente “Culiacán”

Nombre	Estado	Coordenadas	Longitud (m)
Culiacán	Sinaloa	24.77302778 - 107.5828056	154



Figura 89 Socavación



Figura 88 Erosión del suelo



Figura 90 Puente Culiacán

2.20.1 Parámetros hidráulicos

El análisis de la socavación general con un periodo de retorno de 100 años (para el gasto de diseño), muestra que habrá un decremento 10.93 metros en el nivel del suelo, con un gasto de ,412 metros cúbicos sobre segundo y una velocidad de 3.99 metros sobre segundo; la socavación local esperada para la pila 8 (la más desfavorable) es de 3.29 metros.

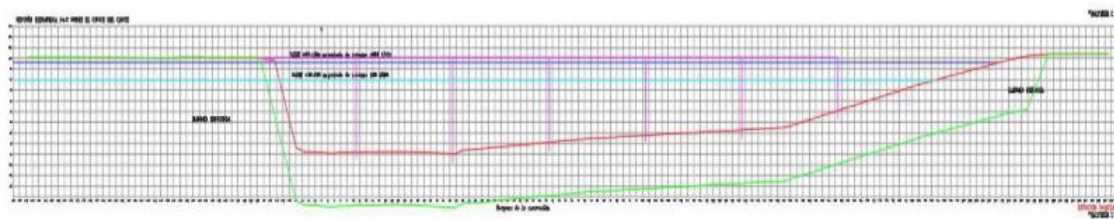


Figura 91 Perfil esperado después de la socavación

2.20.2 Estabilidad por volteo

El análisis de estabilidad por volteo y deslizamiento del puente muestra que para todas las combinaciones de carga el puente es estable.

Combinaciones de carga				
A	D + L + SF	D	Carga muerta	Para deslizamiento $\mu = 0.55$
B	D + SF	L	Carga viva	
C	D + SF + EQ	SF	Flujo de la corriente	
		EQ	Sismo	
Factor de seguridad a volteo 2				
Factor de seguridad a deslizamiento 1.5				
Volteo				
Caso de carga	MR	MA	MR/MA	Evaluación volteo
A	18,206.33	1,723.13	10.57	OK
B	14,779.83	1,723.13	8.58	OK
C	14,779.83	5,023.70	2.94	OK
Deslizamiento				
Caso de carga	FR	FA	MR/MA	E. Deslizamiento
A	975.03	255.28	3.82	OK
B	887.79	255.28	3.48	OK
C	1,462.98	733.97	1.99	OK

Nota* Para el caso donde intervienen fuerzas de sismo los factores de seguridad se reducen en un 75% (AASHTO 5.5.5)

Figura 92 Factores de seguridad resultantes para diversas combinaciones de carga

*Nótese que debido a que no se poseen datos precisos de la cimentación como la profundidad a la que están desplantados los pilotes en el proceso de cálculo se optó por un cálculo conservador y no se tomó toda la resistencia al arranque de pilote, la cual podría aumentar de manera significativa la resistencia a volteo y deslizamiento del puente.

2.19.3 Conclusiones

La estabilidad del puente se considera suficiente para volteo y suficiente para deslizamiento; para el caso de socavación local y general es necesario el uso de alguna medida de mitigación, para las pilas 2,3,4.

El galibo del puente supera los 2.5 metros por lo cual se considera suficiente para gastos con un periodo de retorno de 1,000 años.