

**“CONSTRUCCIÓN DE PUENTE VEHICULAR PARA
CRUCE DEL RÍO ORIZABA ENTRE CALLE PONIENTE 13
Y ORIENTE 14 EL MUNICIPIO DE ORIZABA, VER.”**

ESTUDIO HIDRÁULICO

ELABORÓ

ING. ERIKA CASTILLO BARRADAS

CED. 5055783

CONSTRUCCIÓN, TOPOGRAFÍA Y PROYECTOS



Contenido

Contenido.....	A
Índice de Tablas.....	A
Índice de Ilustraciones.....	B
1. GENERALIDADES.....	1
2. MODELO HIDRÁULICO EN SOFTWARE HEC-RAS	2
2.1. CAUCES EN CONDICIONES NATURALES	3
3. OBSERVACIONES	9
4. CONCLUSIÓN	10
5. REFERENCIAS	11

Índice de Tablas

Tabla 1. Gastos de diseño para cada Tr analizado.	1
Tabla 2. Valores de Coeficiente “n” de Manning para el Canal.	3
Tabla 3. Valores del Coeficiente “n” de Manning respecto al tipo de canal.....	3

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1.- Interfaz Principal del Programa.....	1
Ilustración 2.- Interfaz para manejo de Información Geométrica.	2
Ilustración 3.- Información Comparativa según TR: Secciones Transversales del Arroyo [0+199.94 – 0+190.00]	3
Ilustración 4.- Información Comparativa según TR: Secciones Transversales del Arroyo [0+180.00 – 0+110.00]	4
Ilustración 5.- Información Comparativa según TR: Secciones Transversales del Arroyo [0+100.00 – 0+030.00]	5
Ilustración 6.- Información Comparativa según TR: Secciones Transversales del Arroyo [0+20.00 – 0+000.00]	6
Ilustración 7.- Sección de Estudio – 0+100.00]	6
Ilustración 8.- Información Comparativa según TR – Resumen [0+199.94– 0+030.00].....	7
Ilustración 8.- Información Comparativa según TR – Resumen [0+020– 0+000.00].....	8
Ilustración 6.- Información Comparativa según TR - Perfil Hidráulico	8
Ilustración 6.- Información Comparativa según TR - Perfil Hidráulico	9

1. GENERALIDADES

Un estudio hidráulico de un cauce o arroyo pretende caracterizar el comportamiento hidráulico del flujo que discurre por su cauce y sus márgenes. Esta caracterización se efectúa principalmente con el objetivo de conocer los niveles de inundación puede subir el cauce, de acuerdo a los gastos que conduce de acuerdo a la corrida hidráulica, estos gastos fueron previamente determinados en el estudio hidrológico y serán revisados para un Tr de 50 y 100 años.

El estudio hidráulico tiene por objeto obtener un modelo que represente aproximadamente, las condiciones reales del comportamiento natural del Río Orizaba de carácter intermitente, perteneciente a la Cuenca “Río Papaloapan” y permita establecer el rango natural de niveles generados con un caudal con un Periodo de Retorno TR de 50 y 100 años.

A partir de la información de niveles del agua obtenidos en el levantamiento topobatemétrico, se estimó la pendiente hidráulica del río en los tramos de aguas arriba y aguas abajo del caudal, el cual es un parámetro de importancia para la calibración del modelo hidráulico. Para el modelamiento hidráulico se utilizó el programa de computador HEC-RAS “River Analysis System” desarrollado por el U.S. Corps of Engineer, el cual permite estimar niveles y parámetros hidráulicos de una corriente con base en las características geométricas de las secciones transversales del cauce.

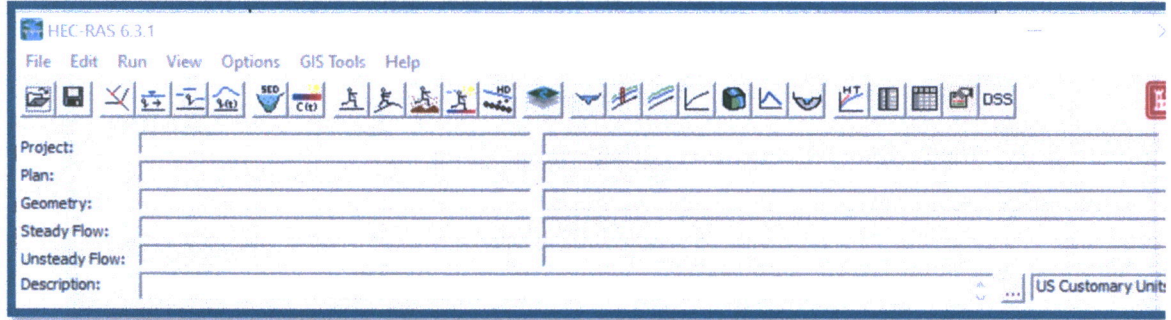


Ilustración 1.- Interfaz Principal del Programa.

- Fuente: HEC-RAS v.6.3.1. -

También se dispone de la información determinada dentro del estudio hidrológico, para establecer el gasto con el que se emulará el funcionamiento hidráulico del cauce innominado de carácter intermitente, perteneciente a la subcuenca del Río Orizaba.

Tabla 1. Gastos de diseño para cada Tr analizado.

TR	Q [m ³ /s]
50	101.65
100	122.25

Fuente: Autoría propia a partir de datos del Sistema AFA V.1.0. (IMTA).

2. MODELO HIDRÁULICO EN SOFTWARE HEC-RAS

El estudio se hizo en el programa HEC RAS modelo de dominio público desarrollado del Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) del cuerpo de ingenieros de la armada de los EE.UU. (US Army Corps of Engineers). Este programa tiene la capacidad de realizar cálculos hidráulicos de estructuras, así como edición gráfica de secciones, se utiliza principalmente para la modelación hidráulica en régimen permanente de cauces abiertos, ríos y canales artificiales.

El modelo hidráulico fue previamente calibrado a partir de los datos disponibles de caudal y de nivel establecidos de manera simultánea; en este caso se cuenta con información de niveles y caudales de dos periodos de retorno diferentes, esto es, los niveles y caudales determinados durante el estudio hidrológico, donde se estimaron los caudales descritos en el apartado anterior, con la información climatológica de la estación de ORIZABA (OBS).

El régimen de flujo está definido por la combinación del efecto de gravedad y del efecto de viscosidad. Existen cuatro regímenes de flujo en los canales abiertos. En este cauce de estudio en el Río Orizaba, que es colindante a una zona habitacional, el flujo se considera un flujo MIXTO: se requerirá entonces condiciones de frontera solamente aguas abajo para la evaluación de los resultados proporcionados por el análisis hidráulico hecho en el HEC-RAS.

A continuación, se muestra el análisis donde, fueron consideradas un total de 21 secciones transversales. Mediante la nivelación topográfica se estimó la pendiente hidráulica del río aguas abajo en 0.0958; este es un parámetro de calibración muy importante y sensible teniendo en cuenta que los resultados que arroja el modelo dependen de las condiciones de borde asumidas.

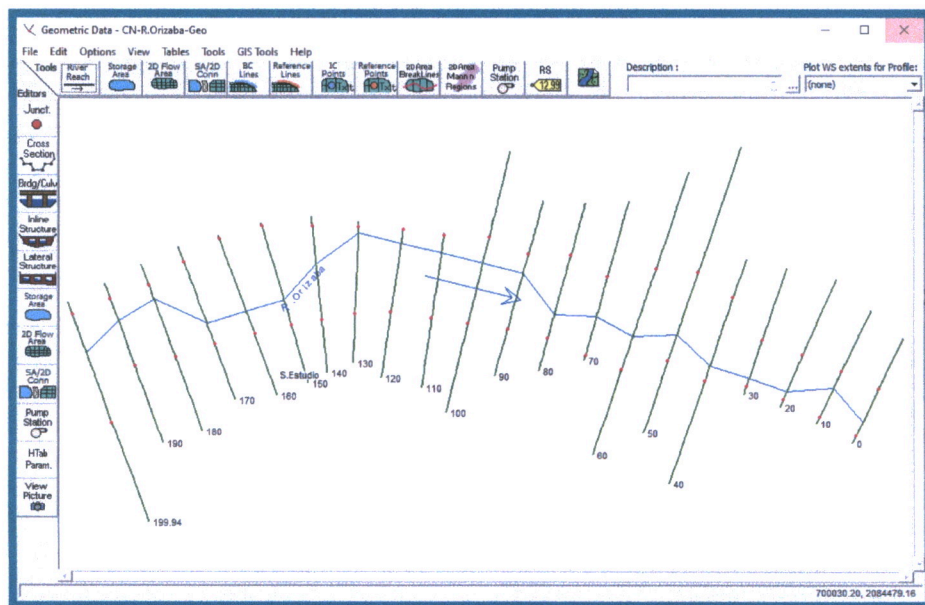


Ilustración 2.- Interfaz para manejo de Información Geométrica.

- Fuente: HEC-RAS v.6.3.1. -

2.1. CAUCES EN CONDICIONES NATURALES

En la ciudad de Orizaba en la Colonia Santa María de Guadalupe, se encuentra el sitio de proyecto, cabe mencionar que este escurrimiento del cauce que nos ocupa es la parte INTERMEDIA de la subcuenca, que se forma con la topografía del sitio existente y la mancha urbana; dicho cauce presenta obras de infraestructura hidráulicas anteriores al presente estudio que se aprecian de una antigüedad considerable, probablemente mayor a 70 años, en ambos márgenes del cauce. Considerando los valores de Coeficiente de Manning "n" como se describe a continuación:

Tabla 2. Valores de Coeficiente "n" de Manning para el Canal.

Margen Derecho	Centro del Canal	Margen Izquierdo
0.035	0.02	0.035

Fuente: Autoría propia a partir de datos del HEC-RAS Hydraulic Reference Manual.

Mismos que corresponden los apartados B.7., B.3.b., B.7., para el margen derecho, centro del canal y margen izquierdo respectivamente, como se puede observar en la Ilustración 3:

Tabla 3. Valores del Coeficiente "n" de Manning respecto al tipo de canal.

B.7. VEGETAL LINING:	"n" (propuesta)
	0.035
B.3. GRAVEL BOTTOM WITH SIDES OF:	"n" (MINIMUM)
b. Random Stone in Mortar	0.020

Fuente: Adecuación a partir de tabla 3-1 Manning's "n" Valúes del HEC-RAS Hydraulic Reference Manual.

Con los datos mencionados anteriormente se realizó la simulación de flujo estable en el programa HEC-RAS en condiciones naturales para poder revisar la viabilidad de la obra del Puente.

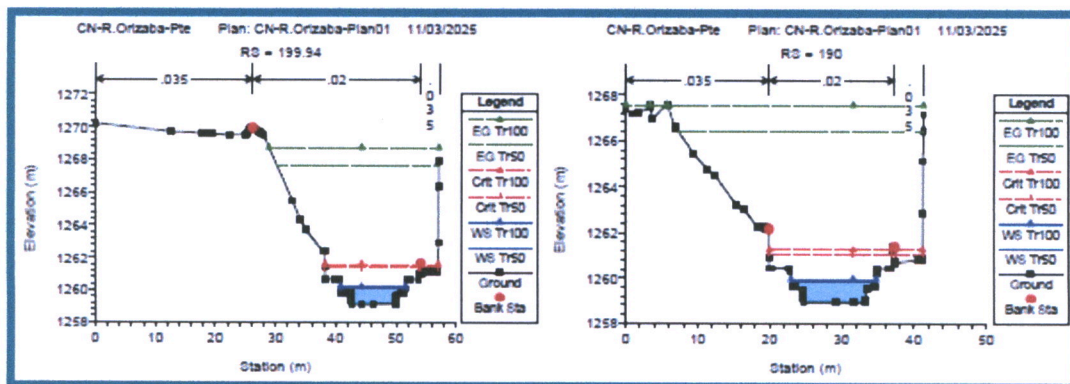



Ilustración 3.- Información Comparativa según TR: Secciones Transversales del Arroyo [0+199.94 – 0+190.00]

- Fuente: HEC-RAS v.6.3.1. -

[Handwritten signature]

 3

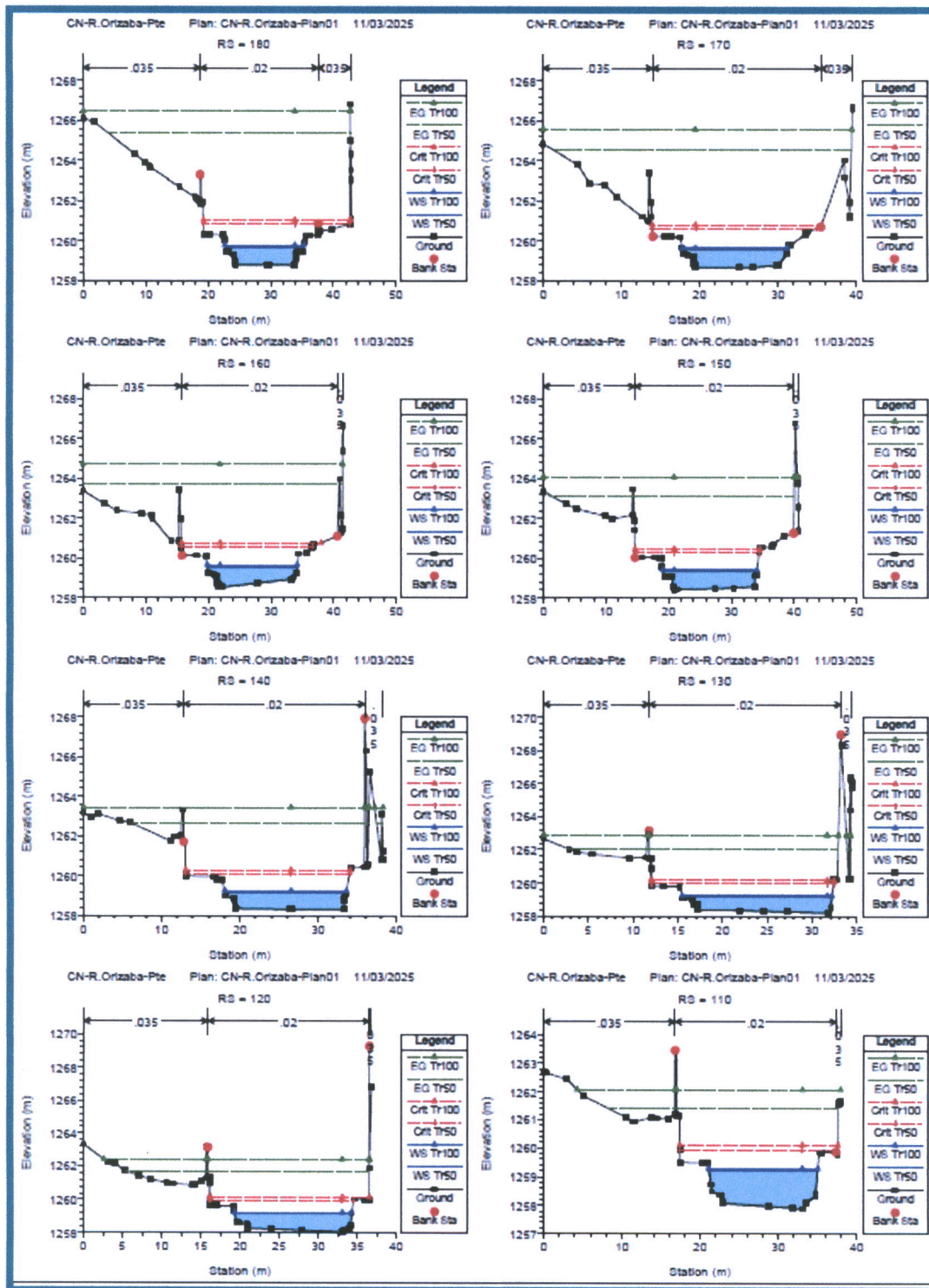


Ilustración 4.- Información Comparativa según TR: Secciones Transversales del Arroyo [0+180.00 – 0+110.00]

- Fuente: HEC-RAS v.6.3.1. -

[Handwritten signature]

 4

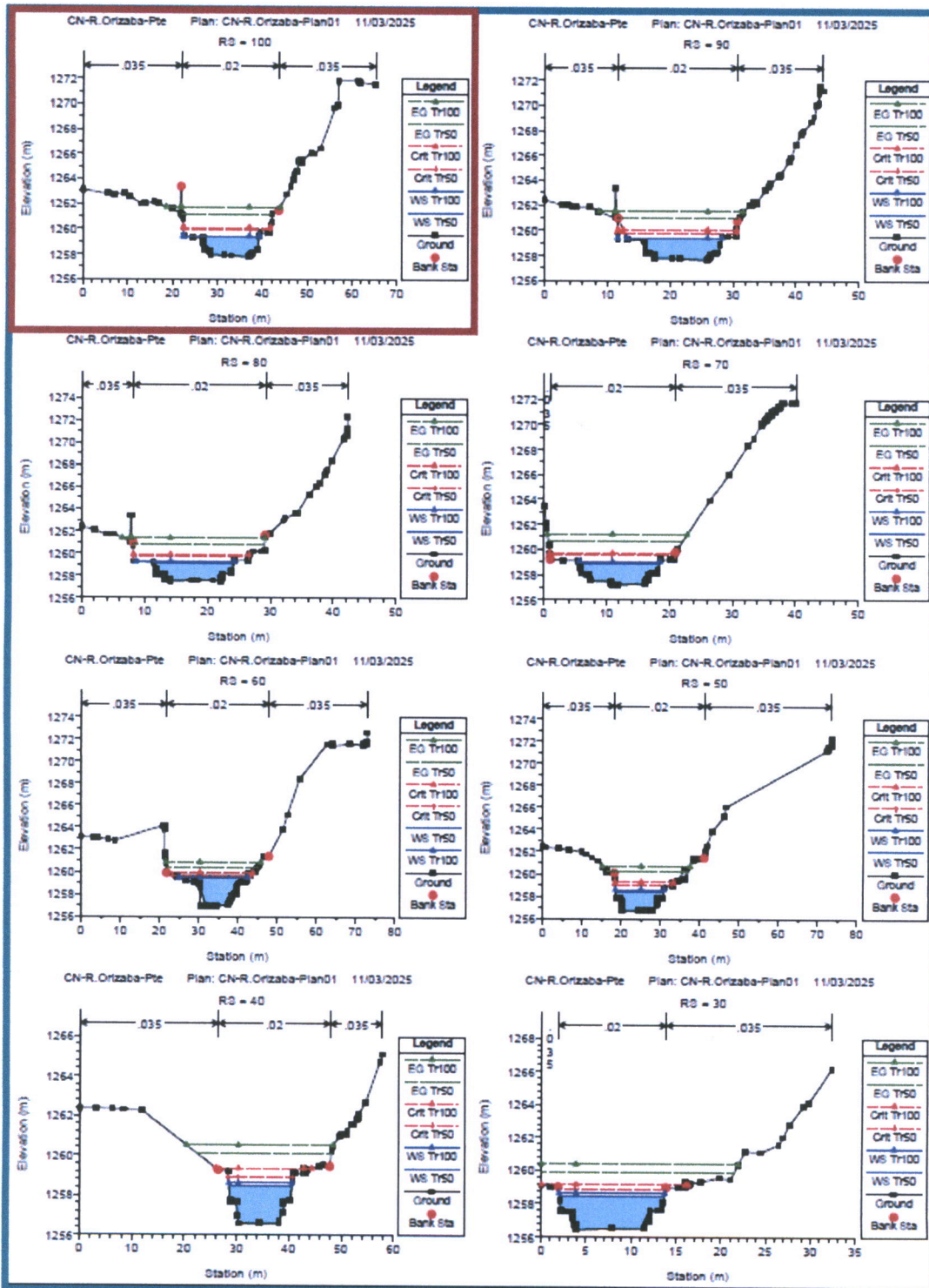


Ilustración 5.- Información Comparativa según TR: Secciones Transversales del Arroyo [0+100.00 – 0+030.00]

- Fuente: HEC-RAS v.6.3.1. -

[Handwritten signature]
DP

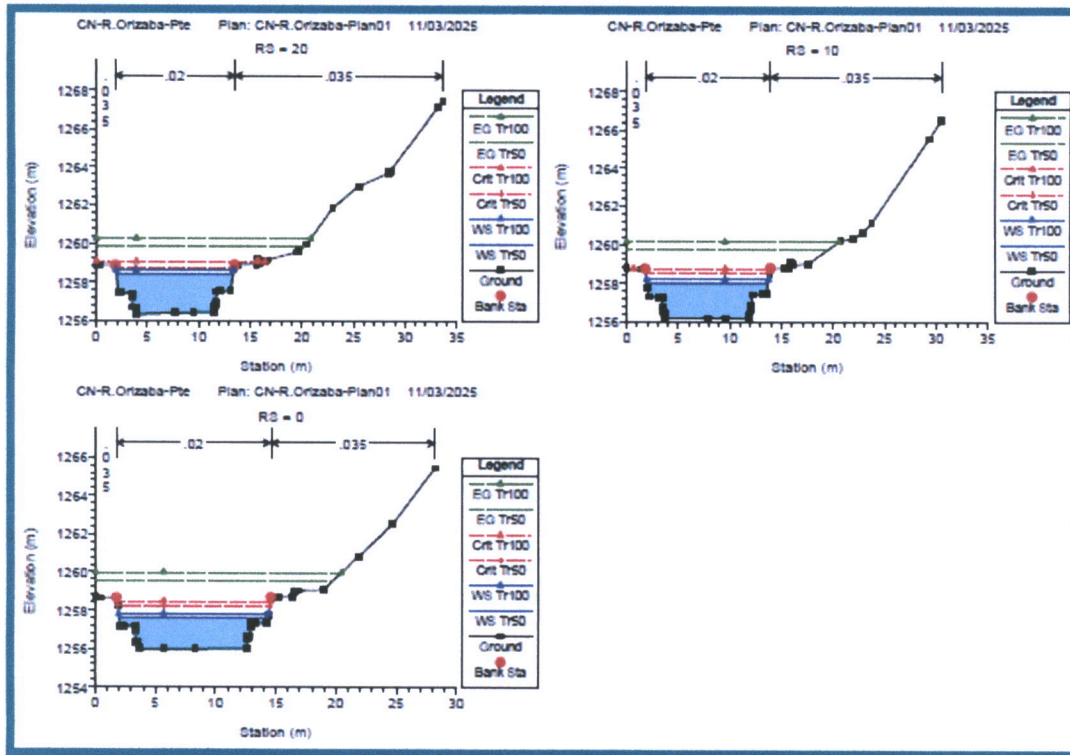


Ilustración 6.- Información Comparativa según TR: Secciones Transversales del Arroyo [0+20.00 – 0+000.00]
 - Fuente: HEC-RAS v.6.3.1. -

La sección de mayor interés corresponde al cadenamamiento 0+100.00, donde atraviesa el eje de proyecto del puente:

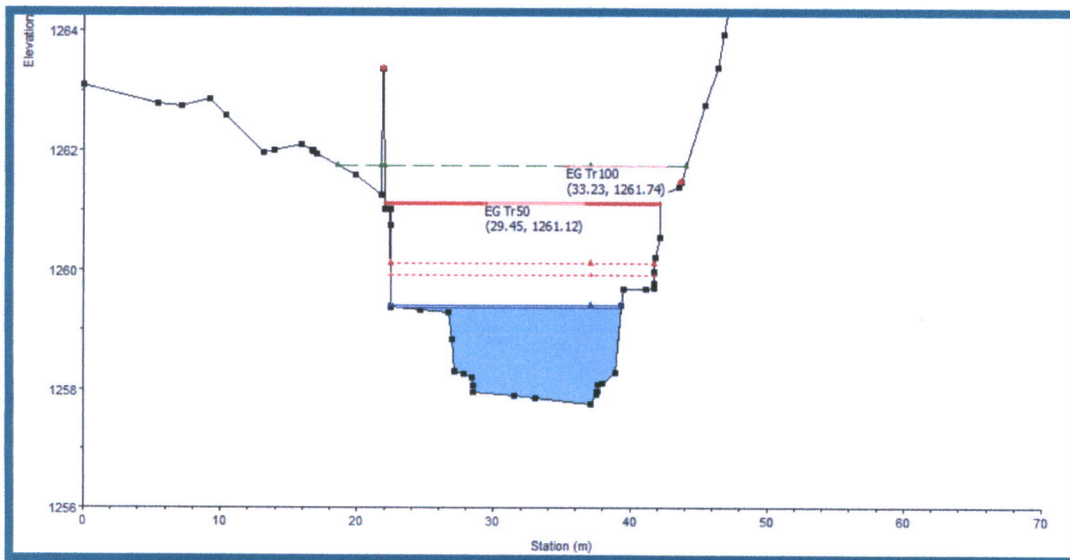


Ilustración 7.- Sección de Estudio – 0+100.00]
 - Fuente: HEC-RAS v.6.3.1. -

[Handwritten signature]

Se puede observar en la ilustración anterior que el nivel máximo extraordinario para el TR50 corresponde a la cota 1261.12 y el TR100 corresponde a la cota 1261.74.

Profile Output Table - Standard Table 1												
HEC-RAS Plan: CN:50-100 River: R.Orizaba Reach: S.Estudio												Reload Data
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
S.Estudio	199.94	Tr50	101.65	1259.10	1260.10	1261.38	1267.57	0.095910	12.10	8.40	10.71	4.37
S.Estudio	199.94	Tr100	122.25	1259.10	1260.20	1261.60	1268.74	0.095898	12.94	9.45	10.79	4.42
S.Estudio	190	Tr50	101.65	1258.93	1259.87	1261.07	1266.40	0.083943	11.32	8.98	11.69	4.12
S.Estudio	190	Tr100	122.25	1258.93	1259.95	1261.27	1267.55	0.086144	12.21	10.01	11.77	4.23
S.Estudio	180	Tr50	101.65	1258.80	1259.72	1260.86	1265.37	0.071025	10.53	9.65	12.52	3.83
S.Estudio	180	Tr100	122.25	1258.80	1259.80	1261.05	1266.48	0.074735	11.45	10.68	12.60	3.97
S.Estudio	170	Tr50	101.65	1258.67	1259.57	1260.64	1264.51	0.059418	9.84	10.33	13.37	3.58
S.Estudio	170	Tr100	122.25	1258.67	1259.64	1260.82	1265.57	0.063850	10.78	11.34	13.43	3.75
S.Estudio	160	Tr50	101.65	1258.54	1259.59	1260.56	1263.73	0.048750	9.01	11.28	14.32	3.24
S.Estudio	160	Tr100	122.25	1258.54	1259.66	1260.78	1264.72	0.053987	9.96	12.27	14.37	3.44
S.Estudio	150	Tr50	101.65	1258.43	1259.35	1260.30	1263.15	0.045896	8.63	11.77	14.98	3.11
S.Estudio	150	Tr100	122.25	1258.43	1259.42	1260.48	1264.07	0.050876	9.55	12.80	15.04	3.31
S.Estudio	140	Tr50	101.65	1258.33	1259.20	1260.12	1262.61	0.040303	8.18	12.42	15.50	2.92
S.Estudio	140	Tr100	122.25	1258.33	1259.26	1260.29	1263.46	0.044914	9.07	13.48	15.57	3.11
S.Estudio	130	Tr50	101.65	1258.20	1259.18	1259.99	1262.09	0.033299	7.55	13.46	16.74	2.69
S.Estudio	130	Tr100	122.25	1258.20	1259.25	1260.17	1262.88	0.038095	8.44	14.48	16.78	2.90
S.Estudio	120	Tr50	101.65	1258.05	1259.20	1259.94	1261.70	0.022854	7.01	14.50	14.97	2.27
S.Estudio	120	Tr100	122.25	1258.05	1259.26	1260.18	1262.42	0.026622	7.87	15.53	15.01	2.47
S.Estudio	110	Tr50	101.65	1257.90	1259.21	1259.94	1261.41	0.016983	6.58	15.45	13.85	1.99
S.Estudio	110	Tr100	122.25	1257.90	1259.28	1260.12	1262.09	0.020060	7.42	16.48	13.91	2.18
S.Estudio	100	Tr50	101.65	1257.77	1259.38	1259.93	1261.12	0.014429	5.84	17.41	16.42	1.81
S.Estudio	100	Tr100	122.25	1257.77	1259.42	1260.11	1261.74	0.019241	6.75	18.11	16.89	2.08
S.Estudio	90	Tr50	101.65	1257.65	1259.35	1259.85	1260.95	0.011457	5.59	18.19	15.07	1.62
S.Estudio	90	Tr100	122.25	1257.65	1259.41	1260.05	1261.51	0.014390	6.42	19.04	15.15	1.83
S.Estudio	80	Tr50	101.65	1257.53	1259.14	1259.67	1260.83	0.010510	5.75	17.68	12.75	1.56
S.Estudio	80	Tr100	122.25	1257.53	1259.23	1259.87	1261.36	0.015398	6.46	18.92	15.59	1.87
S.Estudio	70	Tr50	101.65	1257.19	1258.92	1259.52	1260.71	0.011566	5.93	17.14	12.68	1.63
S.Estudio	70	Tr100	122.25	1257.19	1259.04	1259.71	1261.22	0.012793	6.53	18.71	12.80	1.73
S.Estudio	60	Tr50	101.65	1256.92	1259.68	1259.68	1260.40	0.005139	3.75	27.08	18.96	1.00
S.Estudio	60	Tr100	122.25	1256.92	1259.48	1259.92	1260.86	0.010789	5.19	23.55	17.42	1.43
S.Estudio	50	Tr50	101.65	1256.73	1258.46	1259.04	1260.21	0.012306	5.87	17.30	12.30	1.58
S.Estudio	50	Tr100	122.25	1256.73	1258.61	1259.28	1260.67	0.012864	6.36	19.23	12.39	1.63
S.Estudio	40	Tr50	101.65	1256.60	1258.45	1258.88	1260.07	0.009680	5.63	18.04	12.00	1.47
S.Estudio	40	Tr100	122.25	1256.60	1258.61	1259.36	1260.51	0.010234	6.11	20.01	12.10	1.52
S.Estudio	30	Tr50	101.65	1256.46	1258.47	1258.82	1259.93	0.008136	5.34	19.04	11.72	1.34
S.Estudio	30	Tr100	122.25	1256.46	1258.65	1259.14	1260.36	0.008683	5.81	21.05	11.81	1.39

Total flow in cross section.

Ilustración 8.- Información Comparativa según TR – Resumen [0+199.94– 0+030.00]

- Fuente: HEC-RAS v.6.3.1. -

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: CN:50-100 River: R.Orizaba Reach: S.Estudio Reload Data

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
S.Estudio	20	Tr50	101.65	1256.32	1258.41	1258.74	1259.85	0.007943	5.32	19.12	11.40	1.31
S.Estudio	20	Tr100	122.25	1256.32	1258.62	1259.07	1260.26	0.008043	5.68	21.53	11.50	1.33
S.Estudio	10	Tr50	101.65	1256.18	1258.00	1258.49	1259.73	0.010694	5.81	17.49	11.72	1.52
S.Estudio	10	Tr100	122.25	1256.18	1258.20	1258.75	1260.14	0.010530	6.16	19.84	11.82	1.52
S.Estudio	0	Tr50	101.65	1255.99	1257.63	1258.21	1259.58	0.013718	6.19	16.42	12.38	1.72
S.Estudio	0	Tr100	122.25	1255.99	1257.81	1258.46	1260.00	0.013357	6.55	18.67	12.48	1.71

Slope of the energy grade line at a cross section.

Ilustración 9.- Información Comparativa según TR – Resumen [0+020– 0+000.00].
- Fuente: HEC-RAS v.6.3.1. -

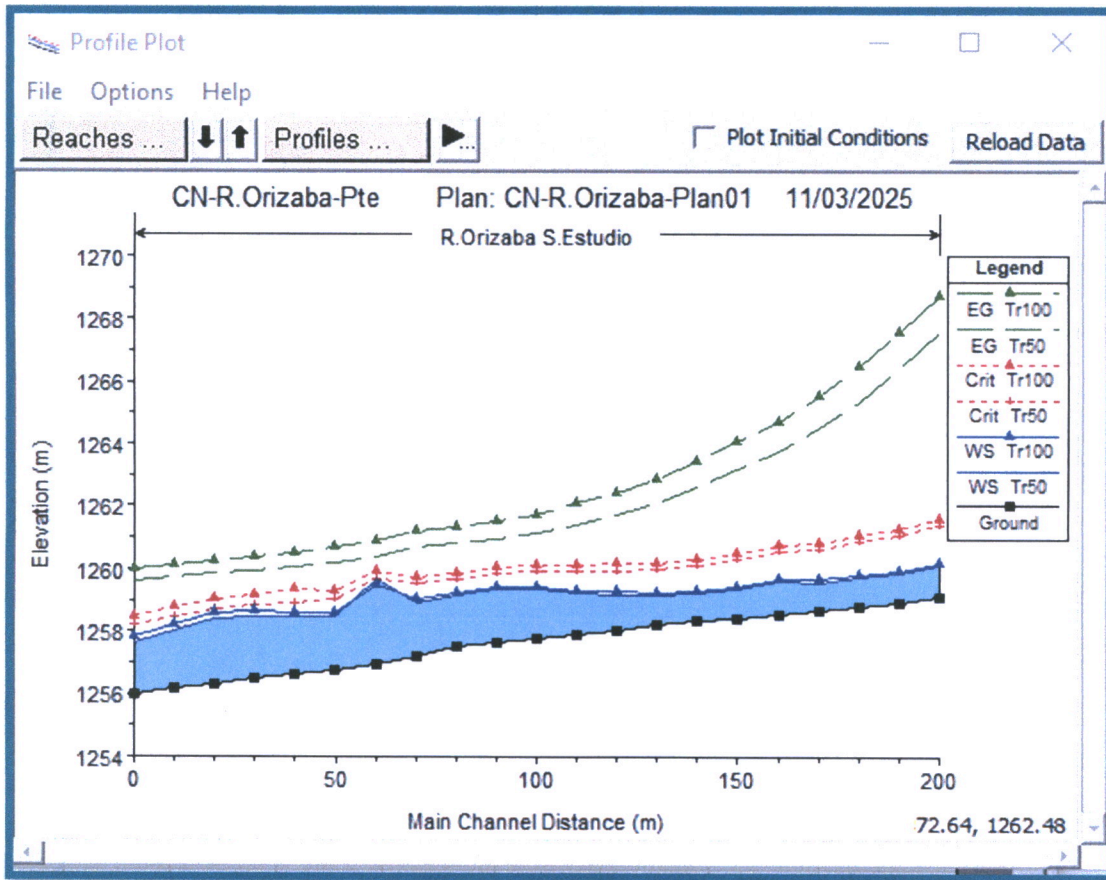


Ilustración 10.- Información Comparativa según TR - Perfil Hidráulico
- Fuente: HEC-RAS v.6.3.1. -



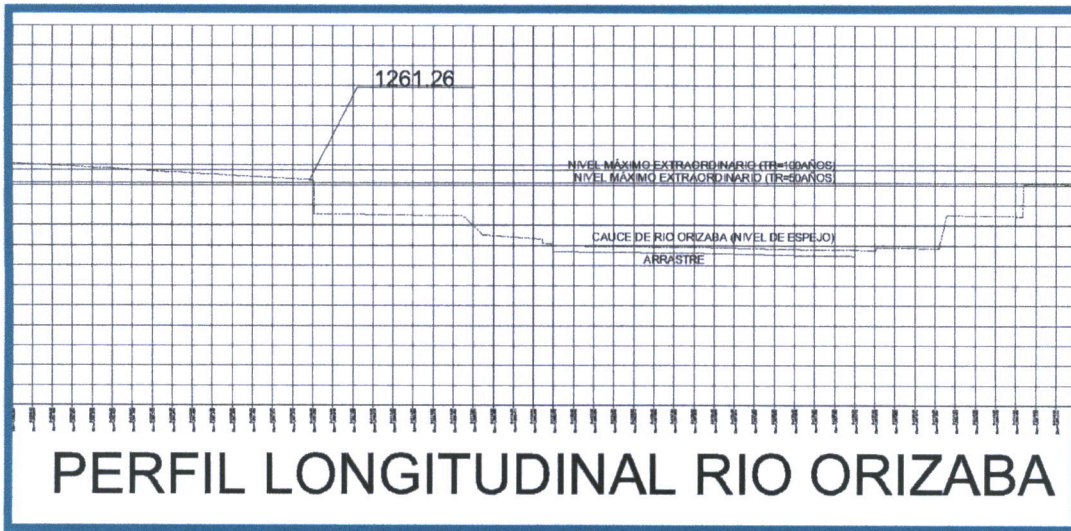
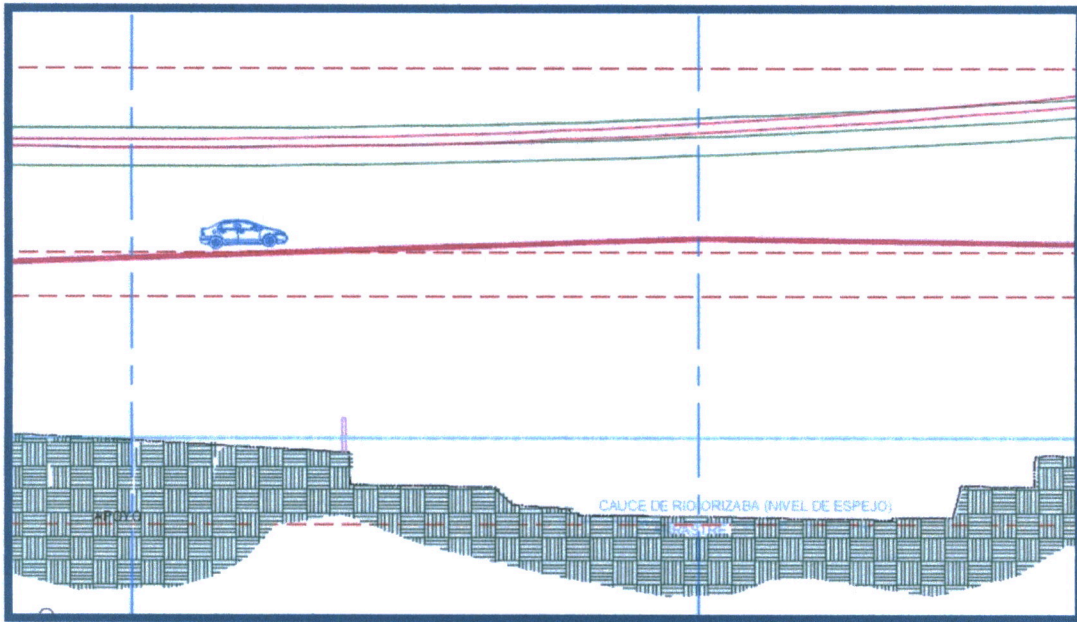


Ilustración 11.- Información Comparativa según TR - Perfil Hidráulico

- Fuente: HEC-RAS v.6.3.1. -

3. OBSERVACIONES

El estudio hidráulico muestra que en la sección de estudio (0+100.00); el nivel máximo extraordinario para TR50=1261.12 y el nivel máximo extraordinario para TR100=1261.74.

4. CONCLUSIÓN

Las obras que se proyectarán en el cauce del Río Orizaba seguirán las recomendaciones emitidas por CONAGUA en el MEMORANDUM No. B00.7.-616 emitido por la Subdirección General Técnica el 13 de septiembre de 2017 en la Ciudad de México, en las que se plantean los periodos de retorno para la elección de los gastos de diseño de las obras hidráulicas, tomando en consideración la población del sitio; en este caso para este tipo de obras se diseñará con TR de 100 años; por lo que es conveniente considerar alguna estructura de protección complementaria para minimizar el riesgo de daño por infiltración de agua a la cimentación del puente en las inmediaciones de los apoyos hacia las márgenes del río.



Ing. Erika Castillo Barradas

(Ced. Prof. 5055783)

- ELABORÓ -

5. REFERENCIAS

- Campos Aranda, D. F. (Enero-Abril de 1989). Estimación de los parámetros óptimos de la distribución Gumbel mixta por medio del algoritmo de Rosenbrock. *Ingeniería Hidráulica en México*, 4(1), 9-18.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill.
- Departamento de Hidrometría de a Comisión Nacional del Agua (CNA) Gerencia Regional Golfo Centro y del paquete Eric III. (s.f.). Datos climatológicos.
- Dirección General de Geografía. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (s.f.). CARTAS TOPOGRÁFICA 1:50,000; CARTAS DE USO DEL SUELO, EDAFOLOGIA Y FOTOGRAFÍAS SATELITALES.
- Haan, C. T. (1977). *Statistical Methods in Hydrology*. Ames, Iowa: Iowa State University Press.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). (s.f.). Manual del Usuario del Sistema AFA V. 1.0. *Sistema AFA V. 1.0*.
- Juarez Badillo, E., & Rico Rodriguez, A. (2004). *Tomo 3. Flujo de agua en suelos*. México D.F.: Limusa.
- Kite, G. W. (1988). *Frequency and risk analysis in hydrology*. Water Resources Publications, Colo. St.
- Secretaría De Agricultura Y Recursos Hidráulicos (SARH). (1987). *Instructivo De Hidrología para determinar La Avenida Máxima Extraordinaria*. México D.F.
- Secretaría De Comunicaciones y Transportes (SCT). (1992). *Métodos Hidrológicos para previsión De Ecurrimientos*. México D.F.
- Walpole, R. E., & Mayers, R. H. (1992). *Probabilidad y Estadística*. Ciudad de México: McGraw-Hill.