



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLAS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

**“DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PROTECCION CONTRA
INUNDACIONES DEL SISTEMA FLUVIAL DEL MUNICIPIO DE
COALCOMAN, MICHOACAN”**

TESIS

QUE PRESENTA:

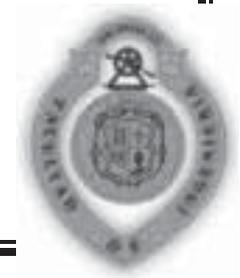
GONZALO ANTONIO CORTEZ CENICEROS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

DIRECTOR DE TESIS: DR. CONSTANTINO DOMINGUEZ SANCHEZ

MORELIA, MICHOACÁN, ABRIL DE 2008





“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



CONTENIDO

INDICE GENERAL	i
INDICE DE FIGURAS Y TABLAS	ii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	1
2.1. Localización	1
2.2. Fisiografía	3
2.3. Hidrografía	3
2.4. Clima	4
2.5. Población	4
2.6. Recursos Naturales (Uso Y Estado Actual)	4
2.7. Actividad Económica	5
2.8. Soluciones Existentes	6
3. HIDROLOGIA	8
3.1. Características Morfológicas	9
3.2. Hidrogramas Y Gastos Máximos	10
3.3. Sitios De Desbordamiento	25
3.4. Propuestas De Solución	29
4. DISEÑO DE LAS OBRAS DE CONTROL Y REGULARIZACION DE AVENIDAS PARA EL POBLADO DE COALCOMAN	30
4.1. Proyecto Para El Control Y Regularización De Avenidas Mediante Represas Sobre El Río Chiquito en El Poblado de Coalcoman, Michoacán	30
4.1.1. Resumen del Proyecto Para el Control Y Regularización De Avenidas Mediante Represas Sobre El Río Chiquito En El Poblado De Coalcoman, Michoacán.	30
4.1.2. Objetivos Y Alcances	36
4.1.3. Metodología General Del Trabajo	37
4.1.4. Análisis De Cortinas Y Estabilidad	38



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



4.1.4.1. Sección Típica De Cortinas Rígidas	38
4.1.4.2. Fuerzas Que Actúan Sobre Una Cortina	39
4.1.5. Esfuerzos De Los Materiales	48
4.1.6. Selección De Perfiles Del Vertedor	59
4.1.7. Diseño Del Vertedor De Descarga Libre	60
4.1.7.1. Selección Y Análisis De Los Perfiles Tipo Gravedad Para La Cortina De Retención Vertedor Con Descarga Libre Por Cresta De Cimacio	60
4.1.7.2. Diseño Del Perfil De Gravedad Con Descarga Libre Por Cresta De Cimacio	61
4.1.7.3. Análisis De Descarga (Q) Por Escotadura	61
4.1.8. Capacidad De Almacenamiento De Embalses	63
4.1.9. Volumen Total De Almacenamiento En Las Represas Máximo Embalse	69
4.1.10. Conclusiones	69
4.1.11. Recomendaciones	71
4.2. Proyecto Para El Control Y Regularización De Avenidas Mediante Lagunas De Inundación Sobre El Rió Grande En El Poblado De Coalcoman, Michoacán	72
4.2.1. Descripción Del Proyecto	72
4.2.2. Sitio De Emplazamiento De La Laguna De Inundación	73
4.2.3. Objetivos Y Alcances	74
4.2.4. Metodología General Del Trabajo	74
4.2.5. Calculo de Estabilidad De Taludes	75
4.2.6. Consideraciones De Diseño	77
4.2.7. Protección De La Corona Del Bordo	78
4.2.8. Procedimiento Constructivo	78
4.2.8.1. Trabajos Preliminares	78



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



4.2.8.2. Cajón De Cimentación	79
4.2.8.3. Terraplén Del Bordo	80
4.2.9. Comentarios Generales	81
4.2.10. Conclusiones	82
4.2.11. Recomendaciones	86
4.3. Proyecto Para El Control Y Regularización De Avenidas Mediante La Rectificación De La Confluencia Del Rió Apamila Y El Rió Grande En El Poblado De Coalcoman, Michoacán	87
4.3.1. Introducción	87
4.3.2. Objetivo	87
4.3.3. Rectificación De La Confluencia Del Rió Apabila Con El Rió Grande En El Poblado De Coalcoman, Michoacán	88
4.3.3.1. Descripción Del Sitio De Estudio	88
4.3.3.2. Consideraciones De Diseño	88
4.3.3.3. Gaviones	90
4.3.3.4. Conclusiones	91
5. CONCLUSIONES GENERALES DEL TRABAJO	92
6. RECOMENDACIONES GENERALES DEL TRABAJO	94
7. BIBLIOGRAFIA	95
8. ANEXOS	96
8.1. Planos Constructivos Del Proyecto	96
8.2. Calculo De La Escotadura Y De El Vertedor Tipo Creager Para Las Represas Del Rió Chiquito	97
8.3. Calculo De La Escotadura Y Del Vertedor tipo Creager Para La Represa Del Rió Grande	97
8.3.1. Calculo De La Escotadura Para La Represa Del Rió Grande	97
8.3.2. Calculo Del Vertedor Para La Represa Del Rió Grande	97



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



8.4. Calculo De La Estabilidad De Taludes Para Los Bordos De La Laguna De Inundación Del Río Grande	97
8.4.1. Análisis De La Estabilidad De Talud En Bordos De Tierra Y Enrocamiento Con Una Altura De 3m En Condiciones De Laguna Llena	98
8.4.2. Análisis De La Estabilidad De Talud En Bordos De Tierra Y Enrocamiento Con Una Altura De 3m En Condiciones De Laguna Vacía	101



INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Ilustración 1: Macro localización del municipio de Coalcomán en el Estado de Michoacán.	2
Ilustración 2: Detalle de la zona urbana y ríos de interés en la localidad de Coalcomán del Estado de Michoacán.	2
Tabla 1: Características Geomorfológicos de las cuencas	9
Tabla 2: Gastos Máximos del río Grande para diferentes métodos y diferentes periodos de retorno	10
Tabla 3: Gastos Máximos del río Chiquito para diferentes métodos y diferentes periodos de retorno	10
Tabla 4: Gastos Máximos del río Apamila para diferentes métodos y diferentes periodos de retorno	11
Tabla 5: Gastos Máximos del río las Ánimas para diferentes métodos y diferentes periodos de retorno	11
Figura 1: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 20 años en la cuenca del río Grande	12
Figura 2: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 50 años en la cuenca del río Grande	12
Figura 3: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 100 años en la cuenca del río Grande	13
Figura 4: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 200 años en la cuenca del río Grande	14
Figura 5: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 500 años en la cuenca del río Grande	15
Figura 6: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 1000 años en la cuenca del río Grande	16
Figura 7: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 20 años en la cuenca del río Apamila	17
Figura 8: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 50 años en la cuenca del río Apamila	17
Figura 9: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 100 años en la cuenca del río Apamila	18
Figura 10: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 200 años en la cuenca del río Apamila	18
Figura 11: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 500 años en la cuenca del río Apamila	19



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



Figura 12: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 1000 años en la cuenca del río Apabila	19
Figura 13: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 20 años en la cuenca del río Chiquito	20
Figura 14: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 50 años en la cuenca del río Chiquito	20
Figura 15: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 100 años en la cuenca del río Chiquito	20
Figura 16: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 200 años en la cuenca del río Chiquito	21
Figura 17: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 500 años en la cuenca del río Chiquito	21
Figura 18: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 1000 años en la cuenca del río Chiquito	22
Figura 19: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 20 años en la cuenca del río Ánimas	22
Figura 20: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 50 años en la cuenca del río Ánimas	22
Figura 21: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 100 años en la cuenca del río Ánimas	23
Figura 22: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 200 años en la cuenca del río Ánimas	23
Figura 23: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 500 años en la cuenca del río Ánimas	23
Figura 24: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 1000 años en la cuenca del río Ánimas	24
Figura 25: Sección crítica en el río Ánimas, en la estación 0+098.35	25
Figura 26: Sección crítica en el río Chiquito, en la estación 0+293.54	26
Figura 27: Sección en el río Apamila, en la estación 0+646.77	26
Figura 28: Esta sección se ubica en la estación 0+204.86 del río Grande (Coalcomán)	27
Figura 29: Esta sección se ubica en la estación 0+102.36 del río Grande (Coalcomán)	28
Figura 30: Esta sección se ubica en la estación 0+102.36 del río Grande (Coalcomán)	28
Tabla 6: Gastos para diferentes periodos de retorno	31
Tabla 7: Volumen De Escurrimiento Del Hidrograma Para Distintos Tr	31
Figura 31: ubicación represas río Chiquito	32



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



Figura 32: geotecnia KM 0+550 MARGEN DERECHA	33
Figura 33: sección típica cortina vertedora	38
Tabla 8: pesos volumétricos	39
Figura 34: Peso propio de la represa	40
Figura 35: Presión Hidrostática	41
Figura 36: Subprecion	42
Figura 37: Empuje De Azolves	43
Figura 38: Sismo En La Masa Del Agua	45
Tabla 9: Coeficientes Adimensionales	46
Tabla 10: Coeficientes Adimensionales	46
Figura 39: Representación Grafica del fetch	48
Tabla 11: Condiciones de seguridad de la represa No.1 cadenamiento 0+600 agua al namo ordinaria	51
Tabla 12: Condiciones de seguridad de la represa No.1 cadenamiento 0+600 agua al namo con sismo extraordinaria	52
Tabla 13: Condiciones de seguridad de la represa No.1 cadenamiento 0+600 presa vacía con sismo extraordinaria	52
Tabla 14: Condiciones de seguridad de la represa No.1 cadenamiento 0+600 presa vacía	53
Tabla 15: Condiciones de seguridad de la represa No.2 cadenamiento 0+500 agua al namo ordinaria	54
Tabla 16: Condiciones de seguridad de la represa No.2 cadenamiento 0+500 agua al namo con sismo extraordinaria	55
Tabla 17: Condiciones de seguridad de la represa No.2 cadenamiento 0+500 presa vacía con sismo extraordinaria	55
Tabla 18: Condiciones de seguridad de la represa No.2 cadenamiento 0+500 presa vacía	56
Tabla 19: Condiciones de seguridad de la represa No.3 cadenamiento 0+400 agua al namo ordinaria	57
Tabla 20: Condiciones de seguridad de la represa No.3 cadenamiento 0+400 agua al namo con sismo extraordinaria	58
Tabla 21: Condiciones de seguridad de la represa No.3 cadenamiento 0+400 presa vacía con sismo extraordinaria	58
Tabla 22: Condiciones de seguridad de la represa No.3 cadenamiento 0+400 presa vacía	59



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



Tabla 23: Cálculo de las dimensiones de la escotadura	62
Tabla 24: Gráfica Elevación – Área, de la represa No1	63
Figura 40: Gráfica Elevación – Área, represa No1	63
Tabla 25: Gráfica Elevación – Volumen, de la represa No1	64
Figura 41: Gráfica Elevación – Volumen, represa No1	64
Tabla 26: Gráfica Elevación – Área de la represa No2	65
Figura 42: Gráfica Elevación – Área, represa No2	65
Tabla 27: Gráfica Elevación – Volumen, de la represa No2	66
Figura 43: Gráfica Elevación – Volumen, represa No2	66
Tabla 28: Gráfica Elevación – Área, de la represa No3	67
Figura 44: Gráfica Elevación – Área, represa No3	67
Tabla 69: Gráfica Elevación – Volumen, de la represa No3	68
Figura 45: Gráfica Elevación – Volumen, represa No3	68
Figura 46: Localización de la laguna de inundación	73
Figura 47: Zona de falla en los taludes	77
Figura 48: Confluencia del río Apamila con el río Grande	87
Figura 49: Confluencia del río Apamila con el río Grande antes de la rectificación	89
Figura 50: Sección tipo en el tramo rectificado	89



1. INTRODUCCION

Los sistemas hidrológicos constituyen una fuente natural que permite el desarrollo de un gran número de actividades antropogénicas; de ésta manera, el establecimiento de zonas urbanizadas a través de sus cauces, por un lado, ha favorecido a un sin número de poblaciones por llevarse a cabo actividades como son la extracción del agua para diversos usos, como la pesca, transportación y recreación, por citar algunas y por el otro lado, podemos mencionar como ejemplo al poblado de Coalcoman, en donde las actividades antropogénicas han incrementado, la problemática de los asentamientos humanos, en zonas en las cuales el río se desborda y causa inundaciones, sobre todo en los sitios en los que las personas han construido sus casas encima y en las márgenes del cauce del río lo cual ha provocado que se modifique la forma en planta y se reduzca la sección del mismo haciendo que existan desbordamientos del río además provoca un retraso en el desalojo de los escurrimientos del sistema fluvial

En el siguiente documento se explicara la problemática existente en cada unos de los ríos que conforman el sistema pluvial del poblado de Coalcomán, así mismo se darán las posibles soluciones para disminuir el riesgo de inundaciones de este poblado.

2. ANTECEDENTES

El poblado de Coalcomán se ha establecido y desarrollado en la cuenca del río Grande de Coalcomán, en la confluencia del río Apamila, Chiquito y Ánimas. Este desarrollo urbano no ha tenido en cuenta los riesgos de inundación probables que podría causar el río Chiquito al construir sobre su cauce y al borde del mismo, así como al bordo del río Ánimas y el mismo río Grande de Coalcomán.

El desarrollo económico del poblado estuvo conducido durante mucho tiempo, por la producción maderera; por lo que se fueron modificando las condiciones iniciales de usos de la cuenca, explotando de forma importante la flora existente.

Situación que ha ocasionado un peligro para la integridad de las personas y para la infraestructura existente.

2.1 LOCALIZACIÓN

El poblado de Coalcomán de Vázquez Pallares se localiza en la región Suroeste del estado de Michoacán en la región montañosa costera de la entidad, en las coordenadas 18°47' de latitud norte y a los 103°10' de longitud oeste, a una altura de 1,000 msnm. Limita al norte con el estado de Jalisco y el Municipio de Tepalcatepec, al este con Aguililla y Arteaga, al sur con Aquila, y al oeste con Chinicuila. Su distancia a la capital del estado es de 352 Km.



Figura 1: Macro localización del municipio de Coalcomán en el Estado de Michoacán.

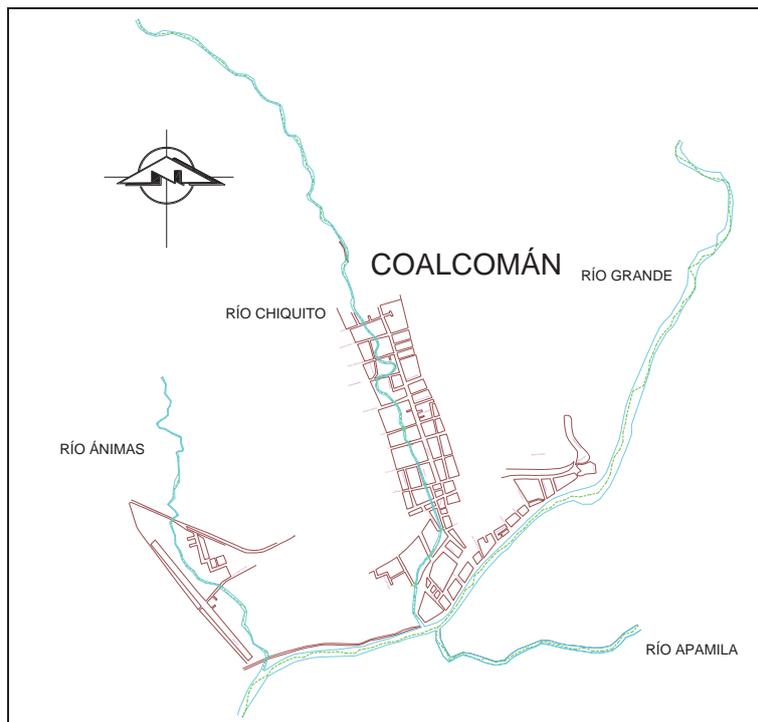


Figura 2: Detalle de la zona urbana y ríos de interés en la localidad de Coalcomán del Estado de Michoacán.



2.2 FISIOGRAFIA

El Municipio de Coalcomán pertenece al sistema montañoso de la Sierra Madre Sur. Es una región de gran complejidad donde predominan las rocas sedimentarias calizas, intrusitas cristalinas y metamórficas fuertemente afectadas por procesos tectónicos.

La mayor parte del municipio se encuentra en la subprovincia de la Cordillera Costera del Sur, se compone por una sierra que se extiende a lo largo de la costa michoacana; la complejidad de estas sierras escarpadas, próximas al litoral, se refleja en una variada litología que va desde las rocas calizas del Cretácico, rocas ígneas intrusivas y extrusivas en el oeste, a las rocas metamórficas en el este, la cordillera se localiza en la Placa de Cocos, cuyos desplazamientos a través del tiempo son atribuibles al origen y evolución de esta región que presenta formaciones que exceden los 2,000 m. de altitud.

Una porción de superficie significativa la ocupa la sub - provincia Costa del Sur, que corresponde a una angosta costera, que inicia en los límites del Estado de Colima, en general, sus tramos más angosto, tienen un promedio de 20 kilómetros de ancho, está representada por sierras bajas de origen sedimentario, volcánico y metamórfico, con algunos valles y llanuras formados con materiales aluviales.

2.3 HIDROGRAFIA

El municipio de Coalcomán se ubica en la Región Hidrológica Costa de Michoacán (RH-17), de acuerdo a la clasificación Hidrológica Nacional. Esta región Hidrológica la conforman dos cuencas hidrológicas: La cuenca del Neixpa y la cuenca de Coalcomán, cuya extensión de esta última es de 2,306.5 Km². Esta cuenca se inicia hacia al Noreste en el puerto de las Cruces (nacimiento río Coalcomán), al norte con el cerro de las Tablas, que se encuentran a 1500 msnm, al noreste llega al puerto de la Zarzamora, al suroeste con la mesa de los Telares y el cerro de las Vacas, esta gran cuenca termina en el suroeste del municipio de Coalcomán.

El río Coalcomán incorpora varios arroyos como son las Tinajas, el Chiquito, Los Ocotes u Ocorla, Garibay o Chichiua, Ixtala y San José. En su desembocadura toma el nombre de Cachan.



2.4 CLIMA

En el municipio predomina el clima calido, en la parte montañosa es mas templado y hacia el mar es tropical. La precipitación pluvial fluctúa entre 546 mm. (Mínima) y 1,276.8 mm. (Máxima). Y la temperatura media entre 17.8°C y 27.3°C. Tomando como base el periodo de observación de 29 años (1941 a 1970) reportado en el registro del servicio meteorológico nacional para la estación de Coalcomán.

2.5 POBLACIÓN

La población total del poblado de Coalcomán de acuerdo al Censo General de Población y Vivienda 2000 del Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática es de 10,439 habitantes, de los cuales 5,041 son hombres y 5,398 son mujeres.

Los asentamientos humanos, en la Cabecera Municipal, que es el Poblado de Coalcomán, se ha desarrollado en la Vega de los ríos Chiquito y río Grande, los cuales representan un peligro potencial para los habitantes por las actuaciones en el rio y avenidas que ocurren. Así mismo la colonia Tinoco Rubí está asentada a un lado del río Apamila en una zona de alto riesgo.

El municipio de Coalcomán, se encuentra conformado por 498 localidades, siendo el más importante Coalcomán (cabecera municipal), Trojes (tenencia), Pantla (ejido), el Varaloso (ejido), Barranca Seca (ejido), San José de la Montaña (tenencia) y la Chichiua (rancho).

2.6 RECURSOS NATURALES (uso y estado actual)

El uso de los recursos naturales ha sido excesivo, en los últimos 25 años se han explotado los bosques con fines industriales, extrayendo madera de pino, encino, cedro, rosa morada, con deficientes programas de reforestación, lo que ha puesto en grave peligro la biodiversidad local y regional. Los incendios forestales son recurrentes año a año.

La capa de suelo de las regiones boscosas del municipio de Coalcomán es por lo general poco profunda, cuando se pierde la cobertura vegetal, por uso inmoderado (tala de árboles) o quemas, el suelo es mas propenso a sufrir erosión y deja de ser fértil en poco tiempo con un abatimiento del manto freático o acuíferos, porque la vegetación introducida en la zona no retiene el agua de lluvia y esta por tanto no se filtra en el subsuelo. Lo que origina escurrimientos rapidos hacia las partes bajas



En el poblado de Coalcomán se generan diariamente alrededor de 20 toneladas de basura domestica diariamente, que son transportadas a un tiradero a cielo abierto que es una fuente constante de contaminación. Así mismo las aguas negras constituyen otro rubro importante de contaminación. El aserrín constituye otra fuente de contaminación para el medio ambiente ya que se tira a las barranquillas en el periodo de aserrio, cuando se inicia el periodo de lluvias es llevado por las corrientes de agua y este a su vez contamina los cauces de las cuencas. Además de ocasionar taponamientos y disminuir la sección transversal del cauce.

2.7 ACTIVIDAD ECONOMICA

En el municipio la actividad agrícola requiere un altísimo grado de uso de mano de obra. Se tienen 1,280 hectáreas de riego y 9,210 hectáreas de temporal, en las cuales se siembra primordialmente maíz. Haciendo un total de 10, 490 hectáreas de uso agrícola. De Acuerdo al XII Censo de Población y Vivienda del 2000, se produce alrededor de 1,500 toneladas de maíz pozolero, y mil toneladas de maíz mixtamalero.

En el uso actual del suelo existe 109,500 hectáreas de bosque, existe un registro de aproximadamente 20 empresas dedicadas a la explotación de estos recursos naturales (bosques), además pequeños talleres en donde se elaboran las cajas de empaque (27 microempresas) y 3 empresas que se dedican a la elaboración y terminado de muebles rústicos y finos, 6 patios de trocería, y 12 carpinterías que se dedican a la fabrica de muebles de diversos estilos. Cabe indicar que los aserraderos se encuentran en su mayoría en el poblado de Coalcomán.

Parte de este capitulo fue realizado con información recabada en el H. Ayuntamiento de Coalcomán, en la siguiente dirección Web:



2.8 SOLUCIONES EXISTENTES

Cabe indicar la existencia de un proyecto en la cuenca de Coalcoman el cual esta dirigido a obras de rectificación en los ríos Grande, Chiquito y Apamila, así como un desvío del río Chiquito hacia el arroyo la Ánimas con la finalidad de proteger al poblado de Coalcoman contra las inundaciones. Proyecto que data del año 1999 denominado “Proyecto Ejecutivo de Encauzamiento del río Grande y sus afluentes Chiquito y Apamila, Mpio. Coalcoman, Mich., financiado por la Comisión Nacional del Agua, Gerencia Regional Lerma Santiago Pacifico, Gerencia Estatal de Michoacán. Este trabajo pretende complementar las soluciones dadas en dicho proyecto, dando como resultado la propuesta de obras de protección y control contra inundaciones, que se describen en los siguientes capítulos.

2.9 PROBLEMÁTICA PARTICULAR DE LOS RIOS GRANDE, CHIQUITO, APAMILA Y EL ARROYO LAS NIMAS

RIO GRANDE

La población de Coalcomán se encuentra ubicada en las confluencias con el río Grande de los ríos Apamila, Chiquito y Ánimas. La cuenca principal por el volumen de escurrimientos es la cuenca del río Grande, básicamente por la magnitud de su cuenca, esto es de 232 Km². El sentido del escurrimiento es de noreste a suroeste en relación con el poblado. Las zonas afectadas en épocas de verano, se encuentran en la margen derecha, donde se ha desarrollado el poblado, la mayor afectación se produce a la entrada al poblado y en la confluencia del Apamila con el río Grande, y del río Chiquito con el río Grande.

En su paso por el poblado la sección del cauce es muy amplia, al disminuir la pendiente longitudinal del río, producto de la acumulación de sedimento transportado de la montaña a la planicie.

Con la tormenta GREG del 5 y 6 de septiembre se presentaron precipitaciones extremas, cuyo periodo de ocurrencia es el correspondiente a 60 años. Esta precipitación ocasiono que el agua inundara el libramiento vial (ubicado en la margen derecha del río) en su paso por el poblado. Cabe indicar que el río presenta bordos en su margen derecha. Esta inundación destruyó totalmente la vialidad, afectando las casas más cercanas al cauce.



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



Se observa que la capacidad hidráulica del río no es suficiente para precipitaciones extremas, a pesar que ya a lo largo del poblado se sobre elevaron sus márgenes. El proyecto existente antes mencionado propone la protección de las márgenes que permitirán el incremento de la velocidad. Aunado a esto se propone en este trabajo la construcción de una laguna de inundación, a la cual se le vertira las aguas del río bajo estudio, además de la construcción de una represa para poder llevar a cabo la elevación del agua y así poder lograr el llenado de la laguna.

RIO CHIQUITO

Este río cuenta con menor superficie en su cuenca, cuyo valor es de 25 km², este río tiene una trayectoria de norte a sur y CRUZA el centro del poblado de Coalcomán, por lo que este escurrimiento ha sido el más importante en periodos de lluvia, ocasionado serios problemas a la población, que además de ver inundadas sus casas por agua se inundan con sedimento.

Al desarrollarse el poblado, cerraron la sección del río (al construir sobre este), limitando su capacidad. Se demostró con la tormenta GREG que se había cometido un gran error al confinar el río. Y que a posteriores años el poblado será amenazado continuamente con las comunes tormentas de verano.

En una de las visitas se nos informo, por parte de los pobladores, que en la tormenta de verano del año anterior, se dio la orden de demoler las casas de una calle completa que se ubicaban precisamente sobre el río Chiquito, así como destruir un puente que no permitía el paso del agua. Pero aun existe un gran tramo del río cubierto.

Además de esta situación extrema de confinamiento del cauce, se ha confinado a cielo abierto el cauce, ya que se han construido casas en la misma margen del río, derecho e izquierdo.

Se agrega a esta situación las descargas del alcantarillado sanitario.

Una de las conclusiones importantes obtenidas de este río es que el poblado permanecerá en constante peligro de inundación, por lo que se recomienda desasolver el tramo cubierto continuamente, así como proponer la construcción de represas las cuales permitirán regular el volumen de las crecidas.

RIO APAMILA



Este río se ubica en una cuenca de 44.7 km², es la segunda en magnitud después del río Grande, confluye con la margen izquierda del río Grande. El sentido del flujo del río Apamila se contraponen con el sentido del flujo del río Grande, situación que ocasiona remansos en la confluencia, el cual eleva el nivel del agua y produce inundaciones en las casas cercanas a la confluencia.

El sentido del flujo del río, es el problema de este río en el sistema Coalcomán, por lo que se hace urgente proponer una rectificación de la confluencia. En el presente trabajo se evaluaron diversas alternativas, para identificar la más adecuada.

ARROYO LAS ÁNIMAS

De la visita realizada a lo largo del arroyo se observa que este, está sufriendo el mismo proceso de confinamiento que el río Chiquito. Además se observa, que la capacidad hidráulica es mucho menor, siendo el área de la cuenca que es de 6.9 Km², aproximadamente la tercera parte del río Chiquito.

Si bien este arroyo no ha tenido problemas de inundaciones lo conveniente es limitar el desarrollo de la mancha urbana en esta cuenca.

3. HIDROLOGIA

El municipio de Coalcomán se ubica en la Región Hidrológica Costa de Michoacán (RH-17), de acuerdo a la clasificación Hidrológica Nacional. Esta región Hidrológica la conforman dos cuencas hidrológicas: La cuenca del Neixpa y la cuenca de Coalcomán, cuya extensión de esta última es de 2,306.5 Km². Esta cuenca se inicia hacia el Noreste en el puerto de las Cruces (nacimiento río Coalcomán), al norte con el cerro de la Tablas, que se encuentran a 1500 msnm, al noreste llega al puerto de la Zarzamora, al suroeste con la mesa de los Telares y el cerro de las Vacas, esta gran cuenca termina en el sudoeste del municipio de Coalcomán.

El río Coalcomán incorpora varios arroyos como son las Tinajas, el Chiquito, Los Ocotes u Ocorla, Garibay o Chichiua, Ixtala y San José. En su desembocadura toma el nombre de Cachan.

3.1 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



A continuación se indican las principales características geomorfológicas de las cuencas que se listan en la Tabla 1.

Características		Grande	Chiquito	Apamila	Ánimas
Área de la cuenca (A)	Km ²	232.2243	25.1810	44.7431	6.9210
Perímetro (P)	Km ²	81.7444	24.5720	33.2800	11.7185
Longitud Axial (La)	Km.	23.6342	9.0714	12.1799	4.6906
Longitud Cauce Principal (L)	Km.	36.3181	10.6925	16.5251	5.8076
Pendiente media Cauce Principal (S)	m/m	0.011188	0.018177	0.019634	0.040304
Pendiente promedio de la cuenca	m/m	0.405350	0.404027	0.396748	0.366666
Orden de corrientes		5	3	4	3
Longitud de las corrientes (Lx)	Km.	511.4126	49.7383	98.9475	16.6437
Ancho Promedio (Ap)	Km.	9.8258	2.7759	3.6735	1.4755
Índice de forma (If)		2.4053	3.2680	3.3156	3.1790
Factor Forma (Ff)		0.4157	0.3060	0.3016	0.3146
Coefficiente de Compacidad (Kc)		1.5020	1.3711	1.3931	1.2472
Relación de elongación (Re)		2.4040	2.2594	2.2076	2.5182
Densidad de drenaje (Dd)		2.2022	1.9752	2.2115	2.4048
Elevación media	msnm	1,564	1,430	1,423	1,228

Tabla 1: Características Geomorfológicos de las cuencas

3.2 HIDROGRAMAS Y GASTOS MAXIMOS.



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



Empleando los diferentes métodos como lo son el método Racional, Chow, I Pai Wu, Hidrograma Unitario, se obtienen los gastos máximos para cada una de las cuencas, para los periodos de retorno seleccionados. Los resultados de cada uno de los métodos se presentan en las Tablas 2, 3, 4 Y 5.

Método Empleado	Periodo de Retorno (años)					
	20	50	100	200	500	1000
	Q máx. (m ³ /s.)					
Racional	285.296312	339.294881	389.961679	444.600793	497.533801	522.214239
Chow	258.353623	360.431555	462.957808	579.142836	696.071436	751.807019
I Pai Wu	773.690	1087.670	1404.348	1764.342	2127.538	2300.915
Hidrograma Unitario	65.55	408.296	523.913	654.875	786.617	790.263

Tabla 2: Gastos Máximos río Grande para diferentes métodos y diferentes periodos de retorno

Método Empleado	Periodo de Retorno (años)					
	20	50	100	200	500	1000
	Q máx. (m ³ /s.)					
Racional	90.8544823	108.050681	124.185855	141.586039	158.442903	166.30255
Chow	54.4241281	78.3365845	102.762899	130.796064	159.292741	172.956998
I Pai Wu	228.003	326.081	425.924	540.215	656.161	711.690
Hidrograma Unitario	23.575	104.814	135.611	170.683	206.085	223.010

Tabla 3: Gastos Máximos río Chiquito para diferentes métodos y diferentes periodos de retorno

Periodo de Retorno (años)



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



Método Empleado	Periodo de Retorno (años)					
	20	50	100	200	500	1000
	Q máx. (m ³ /s.)					
Racional	121.004426	143.90716	165.396771	188.571185	211.021977	221.489838
Chow	110.599105	155.996793	201.866861	254.081365	306.816701	332.006569
I Pai Wu	558.126	777.370	997.378	1246.529	1497.140	1616.559
Hidrograma Unitario	122.639	219.197	216.042	269.416	322.557	347.842

Tabla 4: Gastos Máximos río Apamila para diferentes métodos y diferentes periodos de retorno

Método Empleado	Periodo de Retorno (años)					
	20	50	100	200	500	1000
	Q máx. (m ³ /s.)					
Racional	47.358443	56.3220645	64.7326206	73.802571	82.589312	86.6862004
Chow	27.5133257	39.3852215	51.4767552	65.3233401	79.3744519	86.1050721
I Pai Wu	215.790	307.877	401.501	508.570	617.106	669.063
Hidrograma Unitario	36.979	51.184	65.404	81.46	97.581	105.252

Tabla 5: Gastos Máximos río las Ánimas para diferentes métodos y diferentes periodos de retorno

Se observa de la Tablas, que los métodos Racional, Chow, e Hidrograma Unitario, son cercanos y mantienen la misma tendencia, siendo el más desfavorable de estos tres, el método del Hidrograma Unitario Triangular, se descartó el método de I Pai Wu por dar valores de 3 a 5 veces el HUT. Se seleccionó los resultados del método Hidrograma Unitario Triangular, presentándose a continuación los hidrogramas correspondientes para las cuencas y para cada uno de los periodos de retorno seleccionados: Figuras 1-24.



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



Figura 1: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 20 años en la cuenca del río Grande

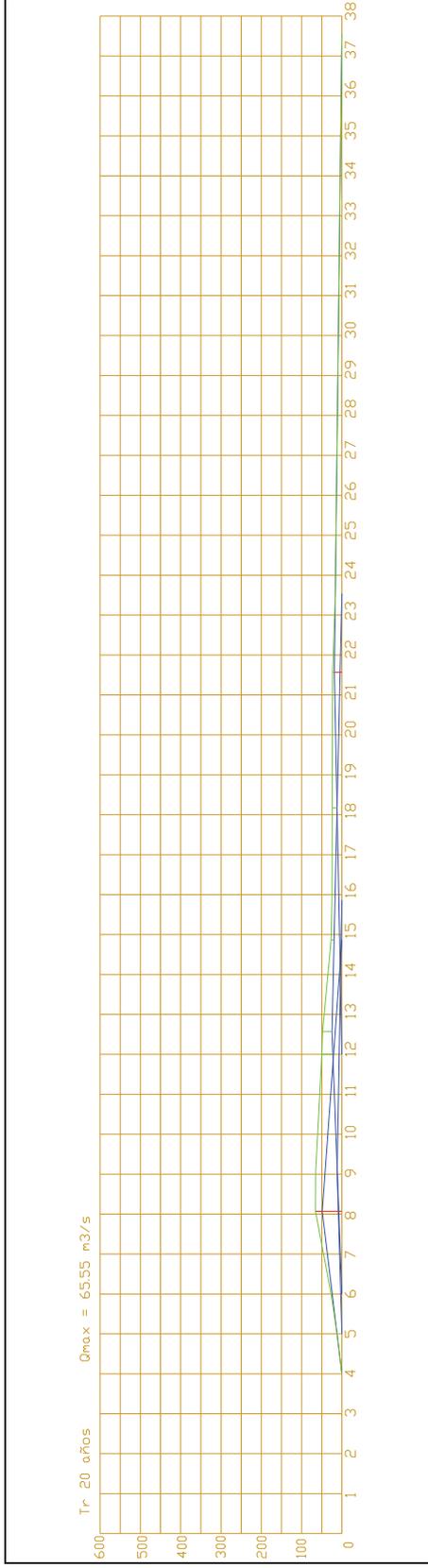
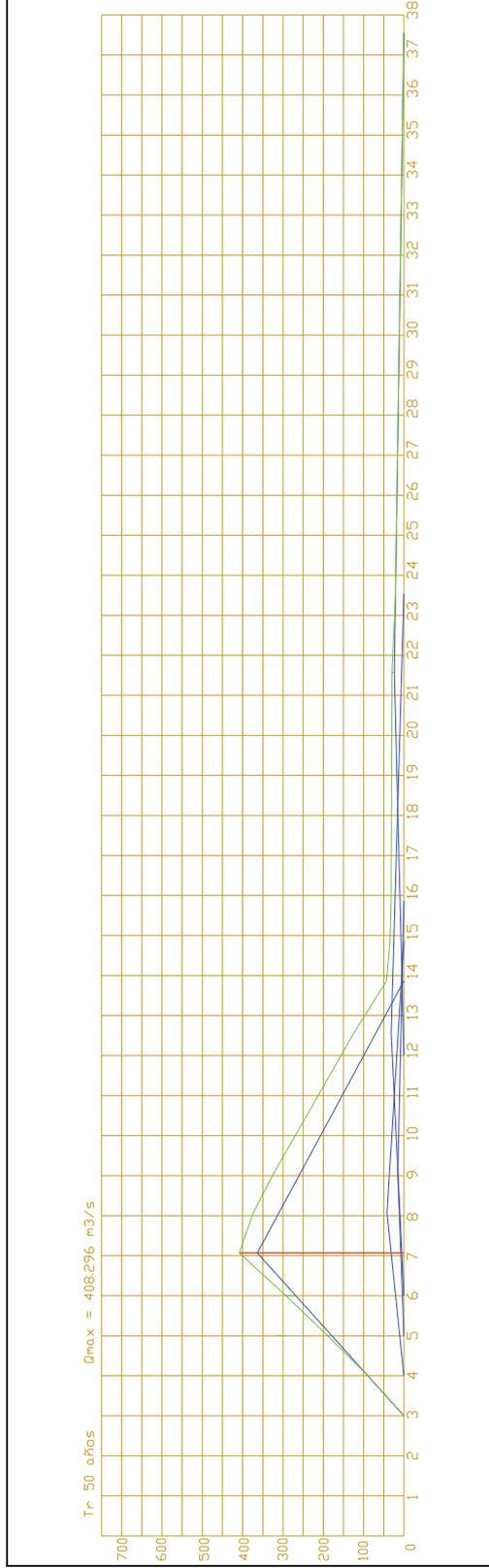


Figura 2: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 50 años en la cuenca del río Grande

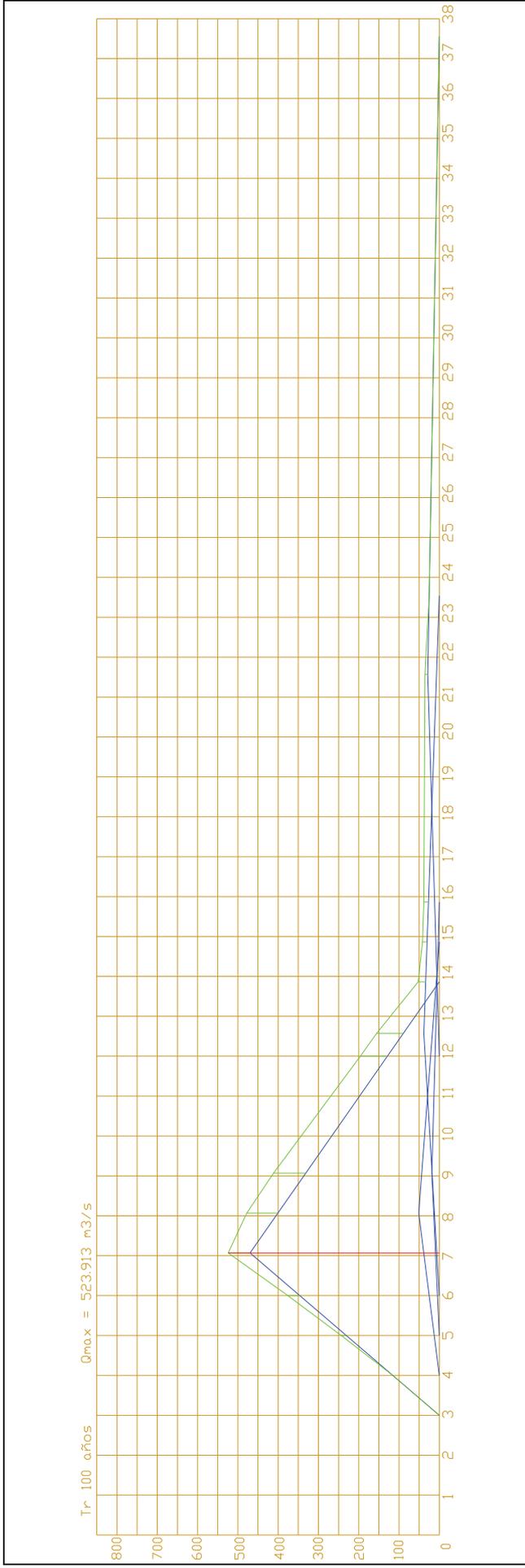




“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



Figura 3: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 100 años en la cuenca del río Grande

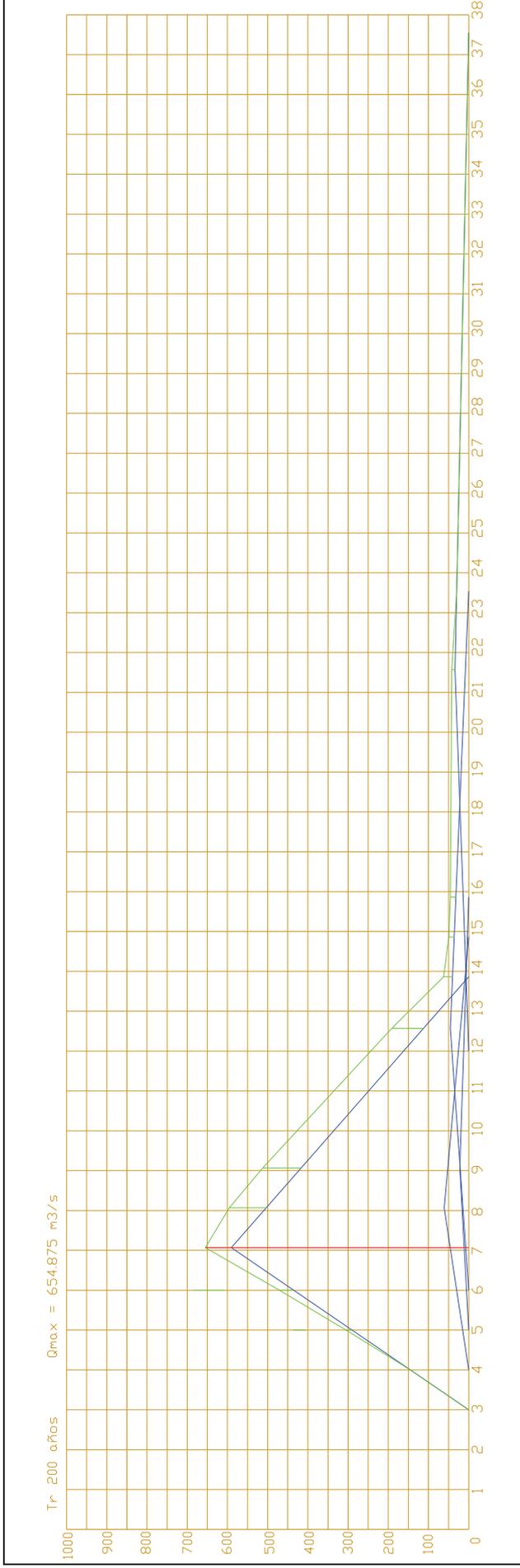




“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



Figura 4: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 200 años en la cuenca del río Grande

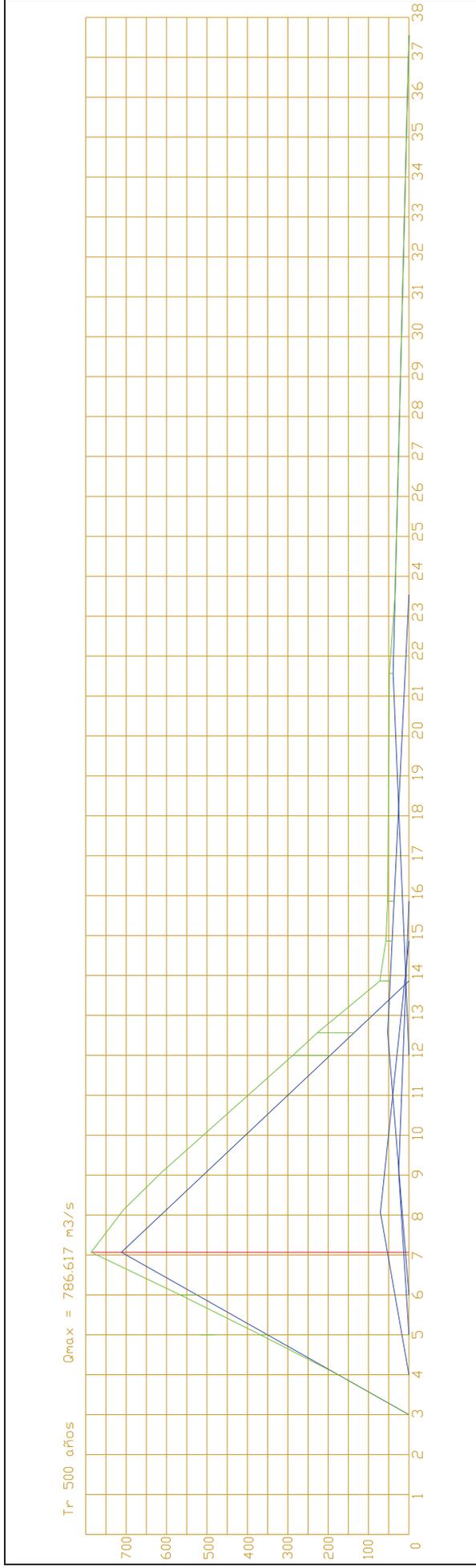




“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



Figura 5: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 500 años en la cuenca del río Grande

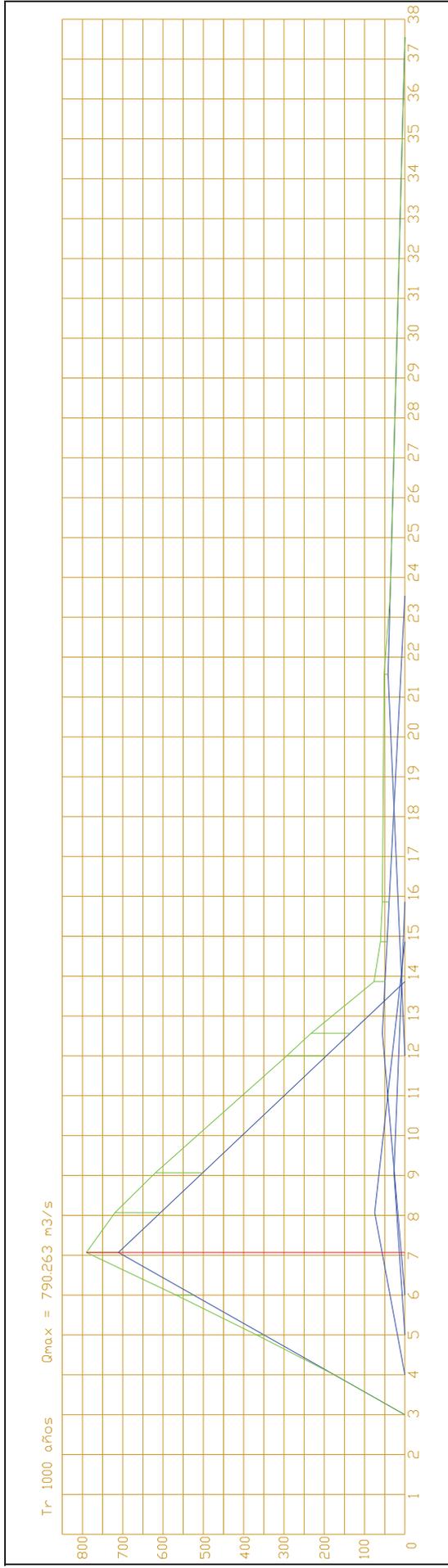




“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



Figura 6: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 1000 años en la cuenca del río Grande





“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



Figura 7: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 20 años en la cuenca del río Apamila

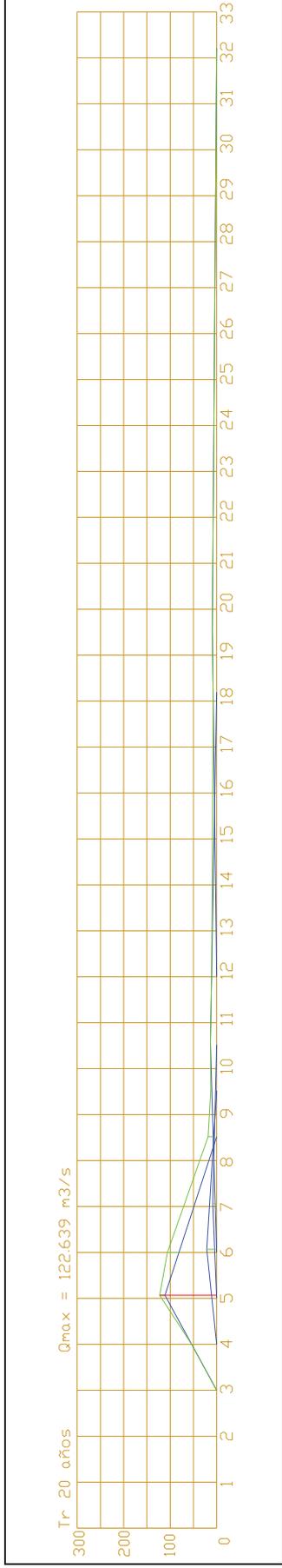
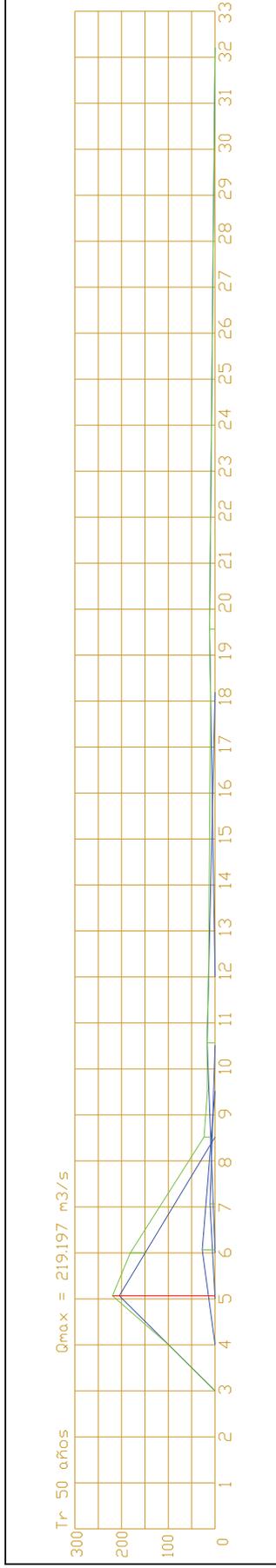


Figura 8: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 50 años en la cuenca del río Apamila





“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



Figura 9: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 100 años en la cuenca del río Apamila

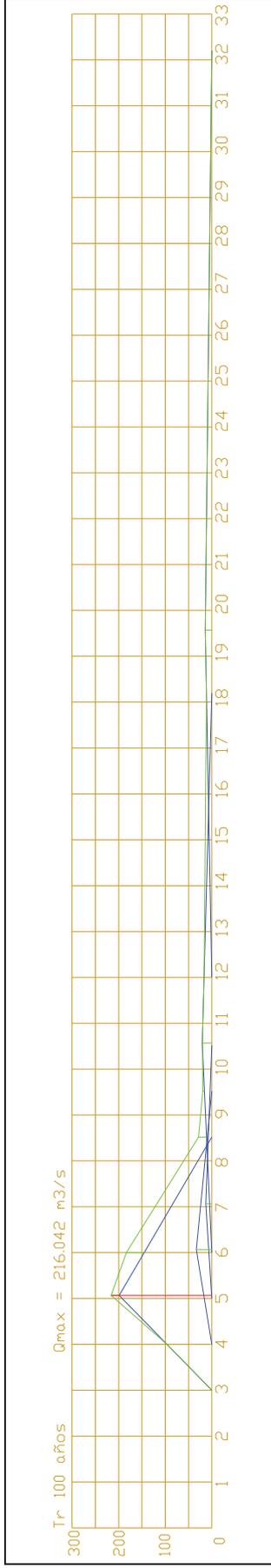
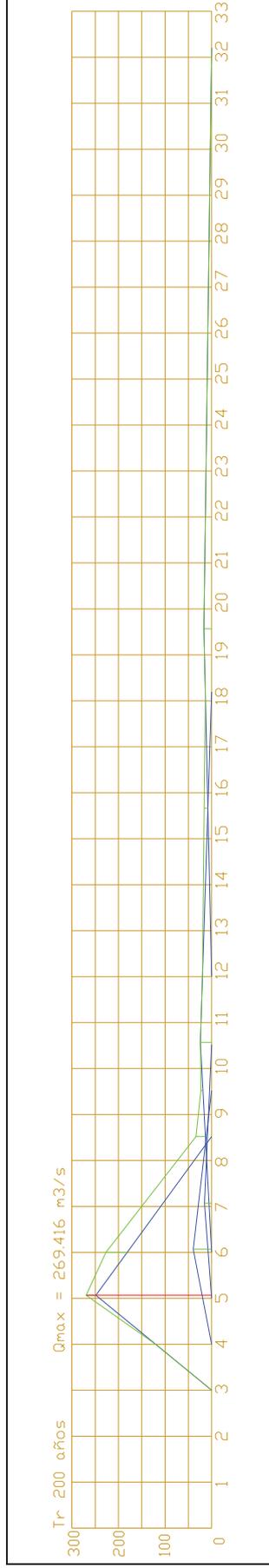


Figura 10: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 200 años en la cuenca del río Apamila





“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



Figura 11: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 500 años en la cuenca del río Apamila

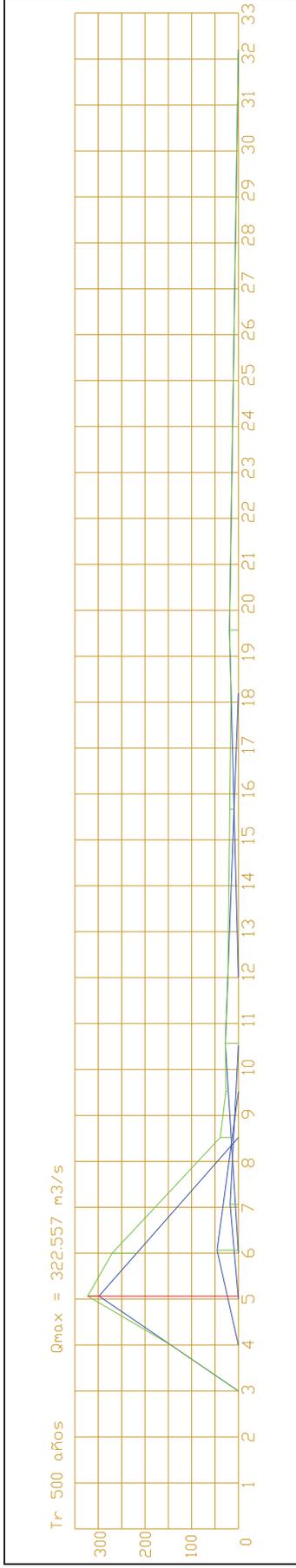


Figura 12: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 1000 años en la cuenca del río Apamila

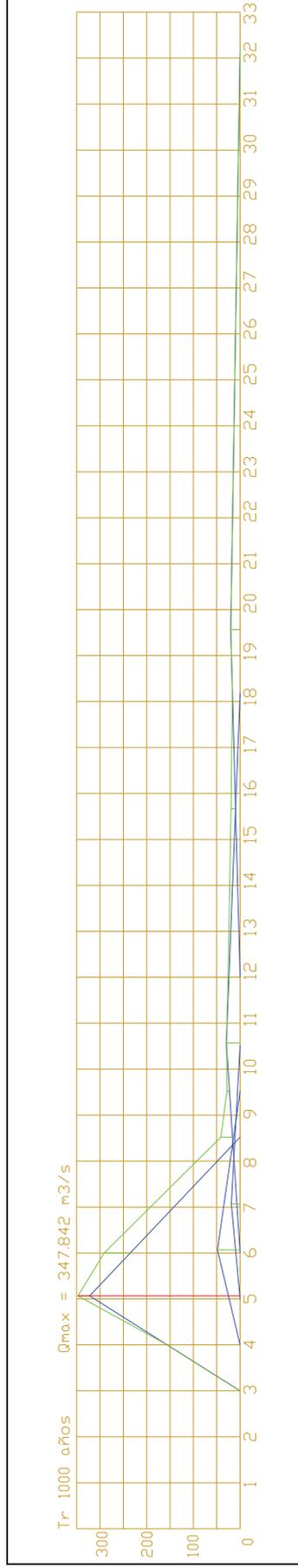




Figura 13: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 20 años en la cuenca del río Chiquito

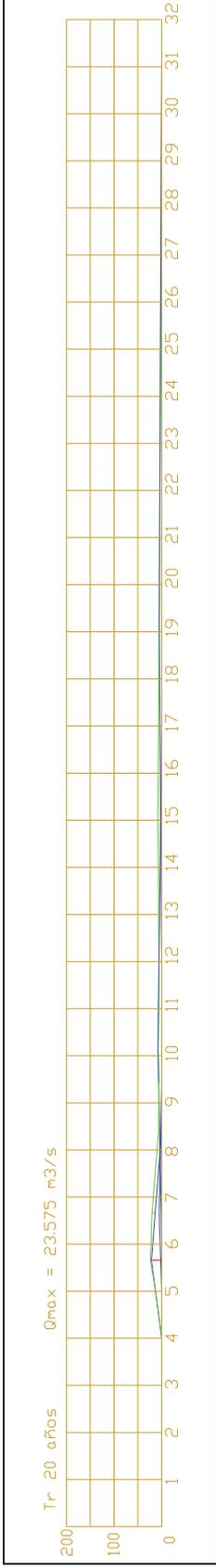


Figura 14: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 50 años en la cuenca del río Chiquito

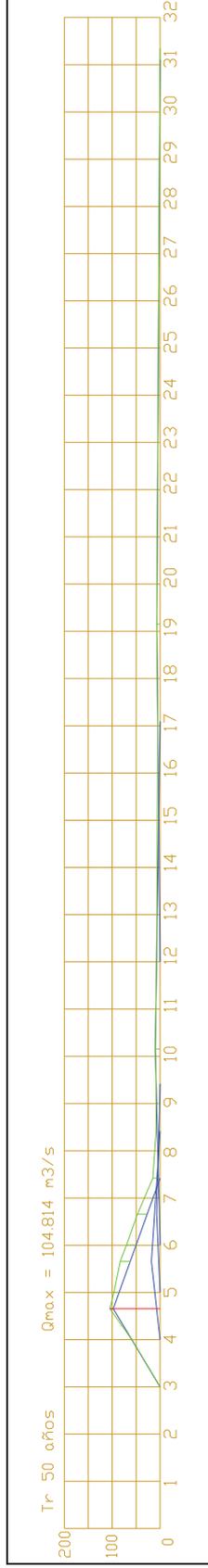
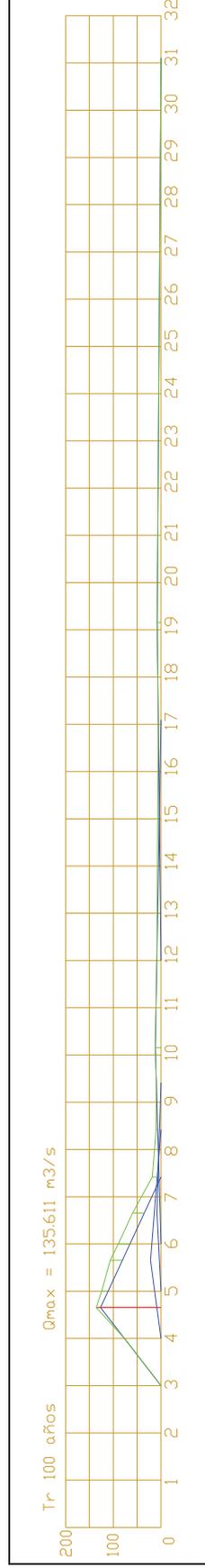


Figura 15: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 100 años en la cuenca del río Chiquito





“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



Figura 16: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 200 años en la cuenca del río Chiquito

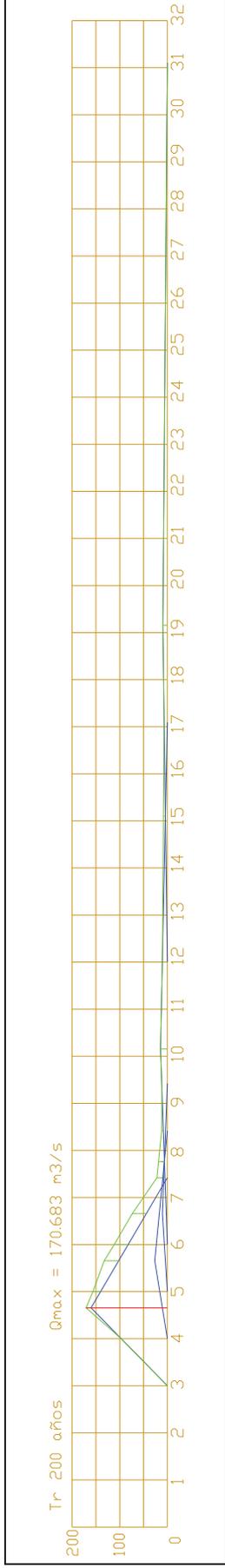
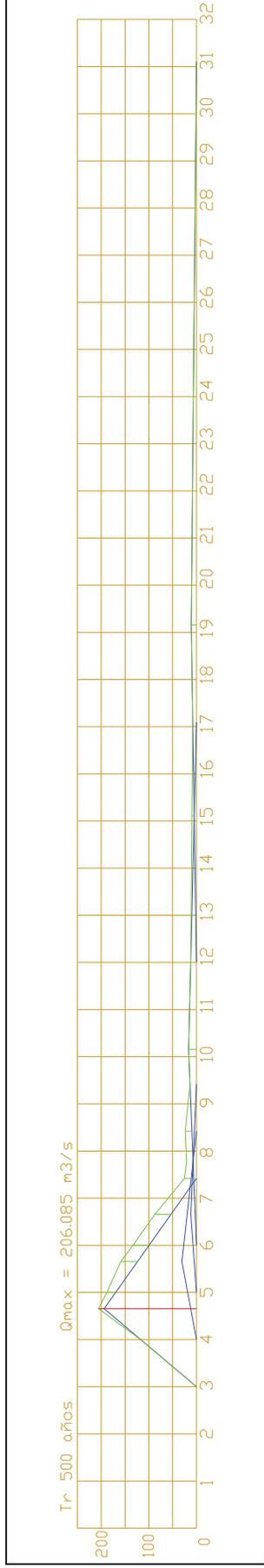


Figura 17: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 500 años en la cuenca del río Chiquito





“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



Figura 18: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 1000 años en la cuenca del río Chiquito

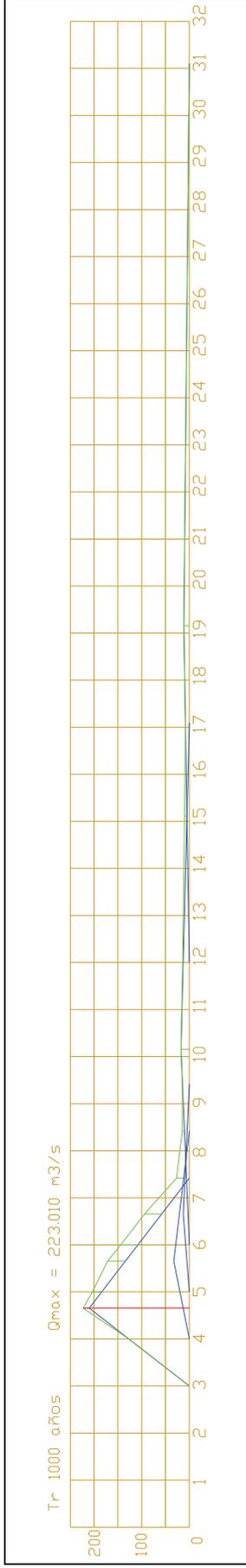


Figura 19: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 20 años en la cuenca del río Ánimas

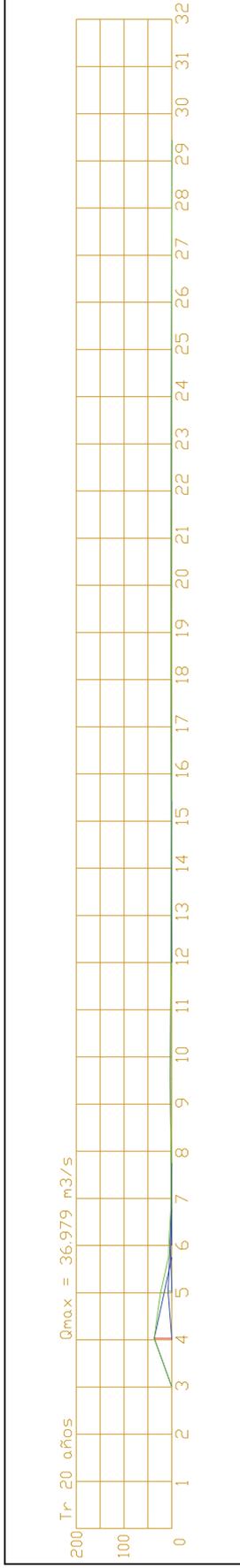
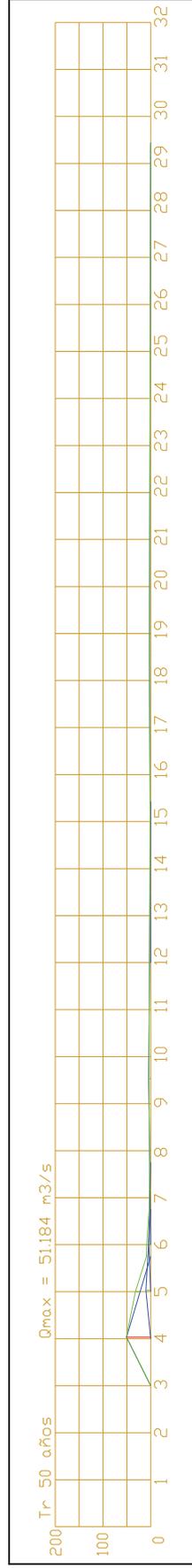


Figura 20: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 50 años en la cuenca del río Ánimas





“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coacomán, Michoacán”



Figura 21: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 100 años en la cuenca del río Ánimas

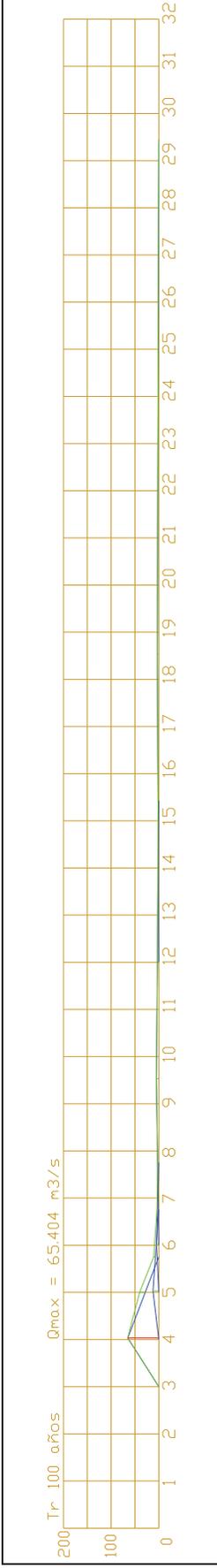


Figura 22: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 200 años en la cuenca del río Ánimas

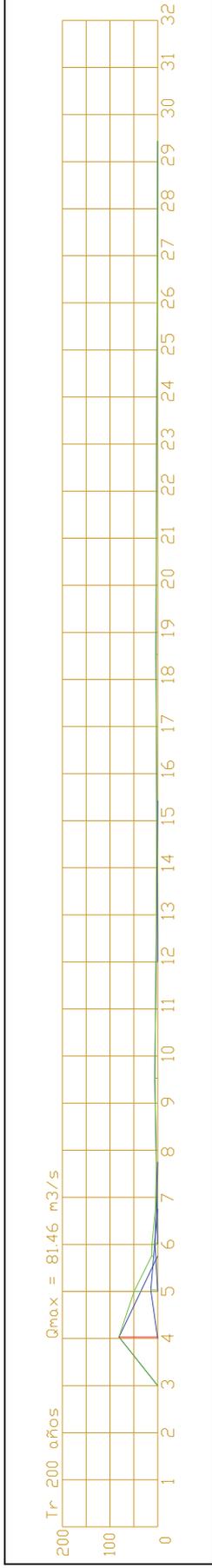
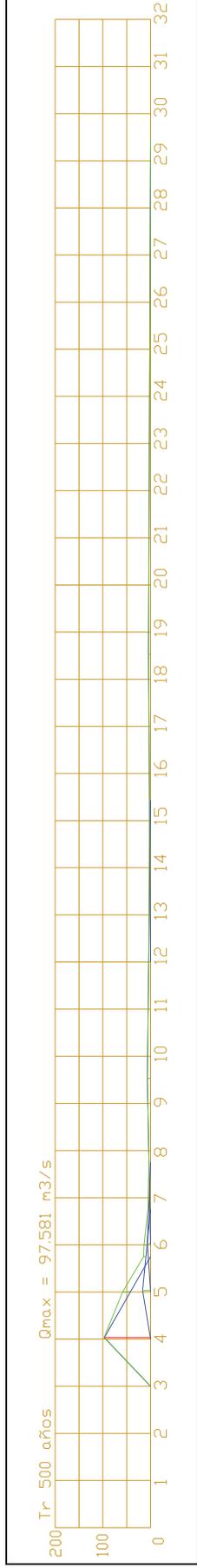


Figura 23: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 500 años en la cuenca del río Ánimas

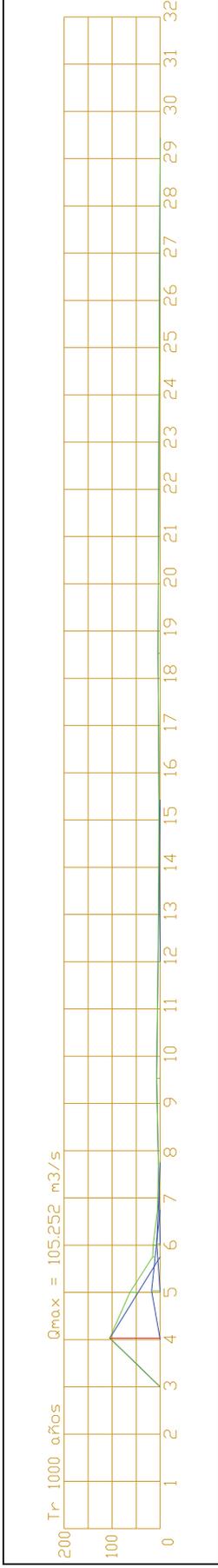




“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



Figura 24: Hidrograma de diseño para un periodo de retorno de 1000 años en la cuenca del río Ánimas





3.3 SITIOS DE DESBORDAMIENTO

Con ayuda del programa HEC-RAS identificaron las zonas donde se presentan desbordamientos en cada uno de los ríos las cuales se presentan a continuación:

Enseguida se presentan las secciones transversales críticas de cada uno de los ríos, estas secciones fueron las que decidieron el caudal máximo del cauce ya que su área hidráulica no es capaz de conducir un gasto mayor.

Para el río Ánimas tenemos la siguiente sección:

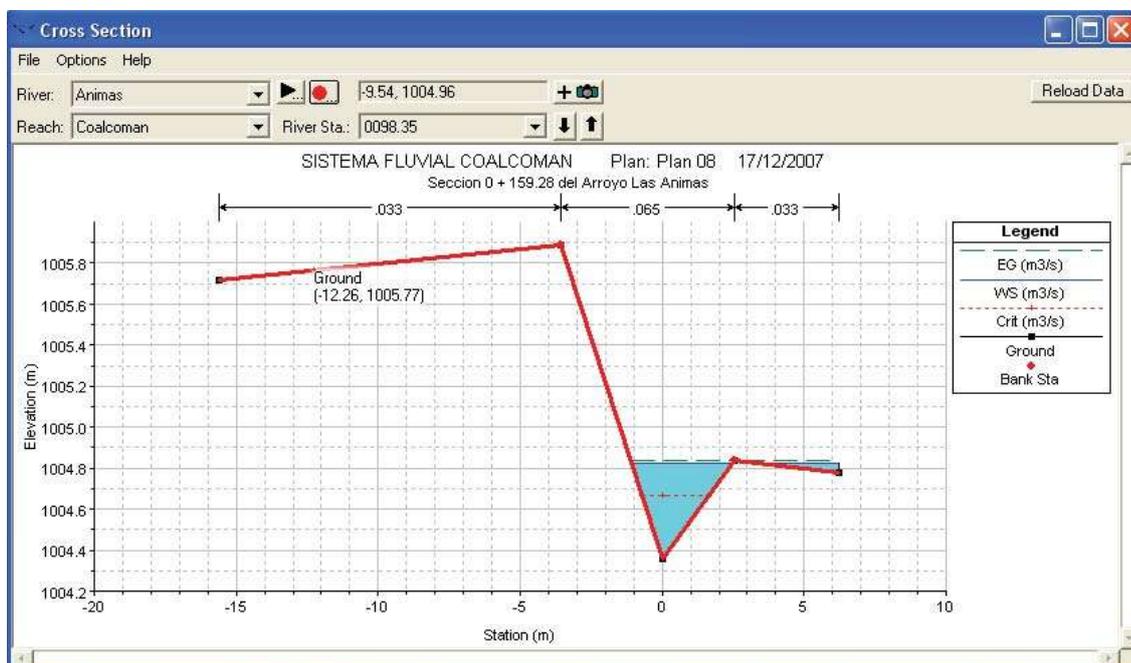


Figura 25: Sección crítica en el río Ánimas, en la estación 0+098.35

Como se puede observar en la figura arriba si el caudal fuera mayor a $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$ el nivel del agua sobrepasa el bordo izquierdo del río viendo esta sección aguas abajo, esta sección esta ubicada en la estación 0+098.35 del río Animas.

En el río Chiquito la sección que esta a punto del desbordamiento es la sección que se encuentra en el cadenamamiento 0+293.54; como lo ilustra la figura 26, la sección esta a punto de desbordar. Por otro lado las secciones hidráulicas de los puentes sobre el río Chiquito, son capaces de conducir un gasto de $20 \text{ m}^3/\text{s}$.



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”

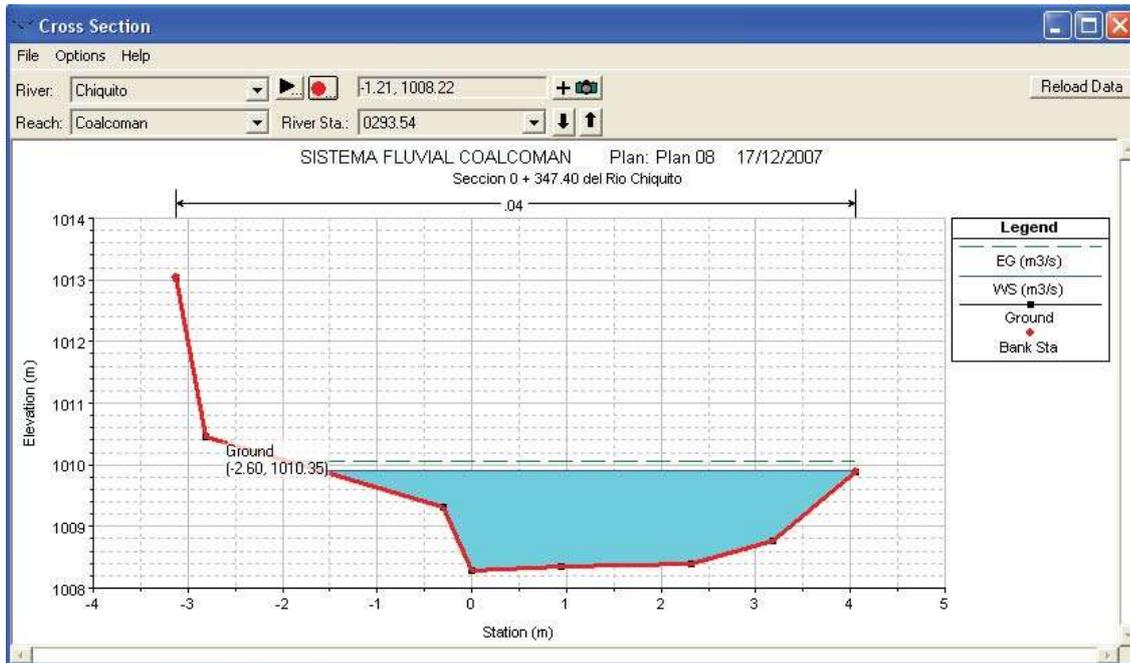


Figura 26: Sección crítica en el río Chiquito, en la estación 0+293.54

El río Apamila puede conducir un gasto de hasta 40 m³/s.

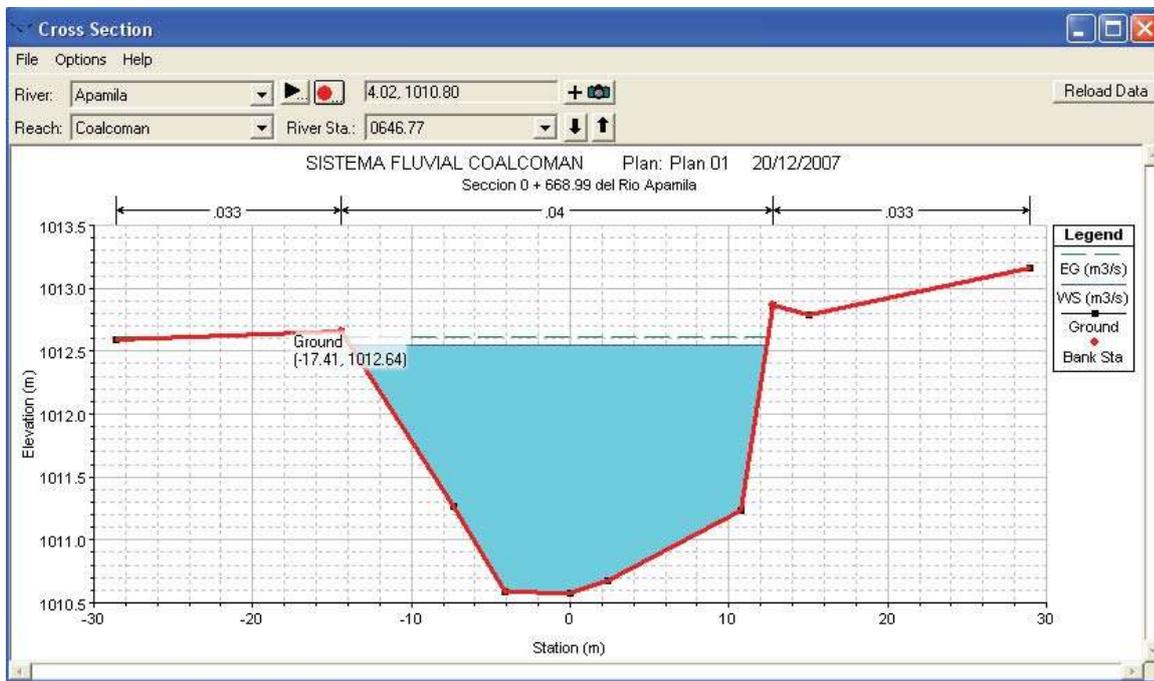


Figura 27: Sección en el río Apamila, en la estación 0+646.77



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



La figura muestra la sección del río Apamila en la estación 0+646.77 con un gasto de 40 m³/s, pero a la salida del río Grande (Coalcoman) se desborda una de las secciones del río Grande (Coalcoman). Se presentan secciones del río Grande aguas abajo del Apamila con desbordamiento como sigue:

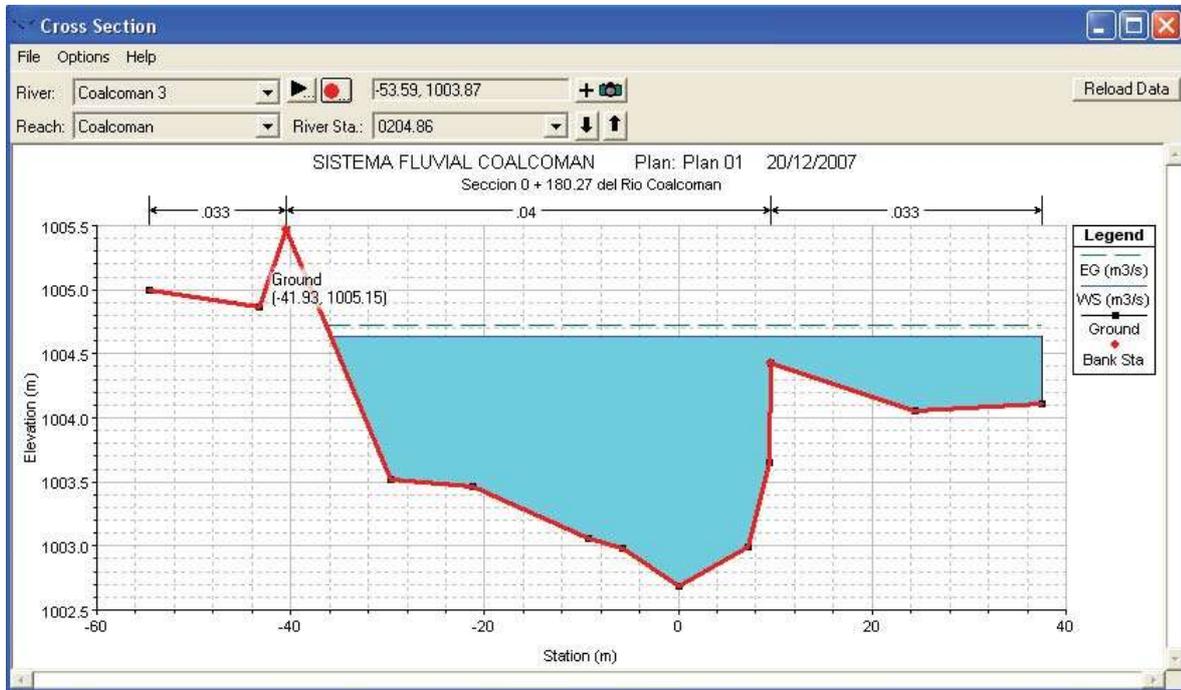


Figura 28: Esta sección se ubica en la estación 0+204.86 del río Grande (Coalcoman)



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



Otras de las secciones que presenta desbordamiento en el río Grande es la sección con cadenamamiento 0+102.36 como se observa la siguiente figura:

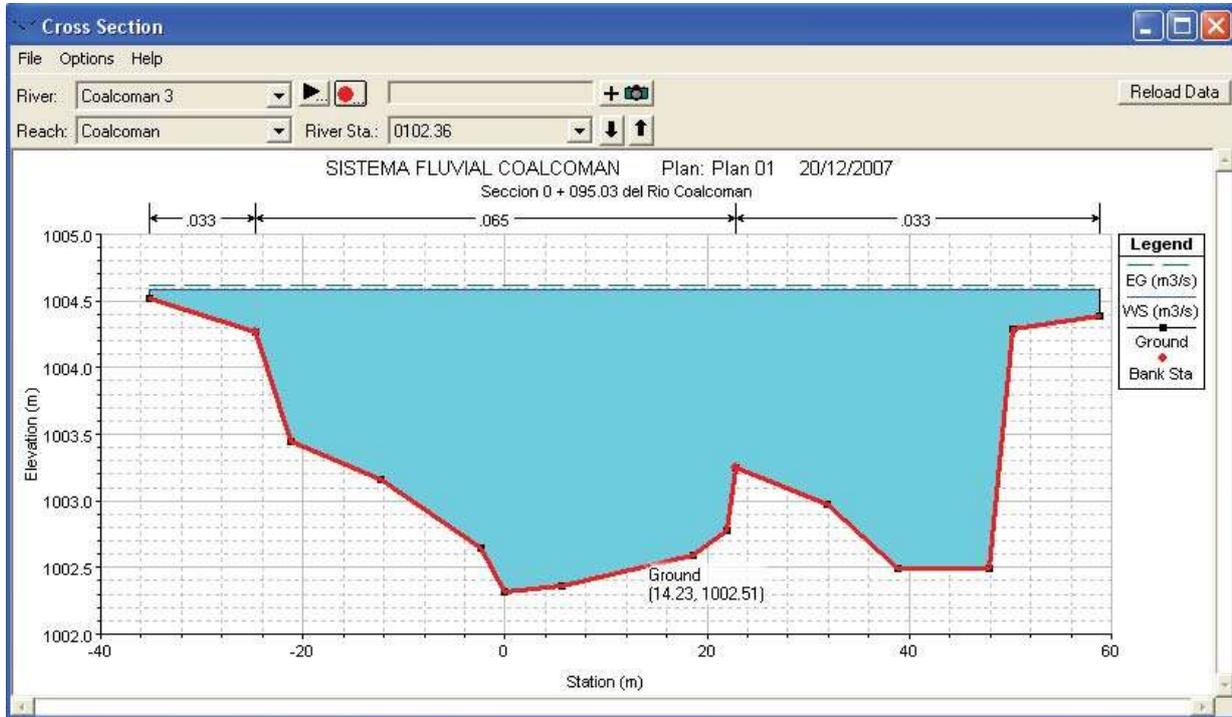


Figura 29: Esta sección se ubica en la estación 0+102.36 del río Grande (Coalcoman)

El río Grande (Coalcoman) tiene un gasto formativo igual a $72.4 \text{ m}^3/\text{s}$ y la sección crítica que presenta desbordamiento se encuentra en la estación 0+204.86 como se muestra en la figura:

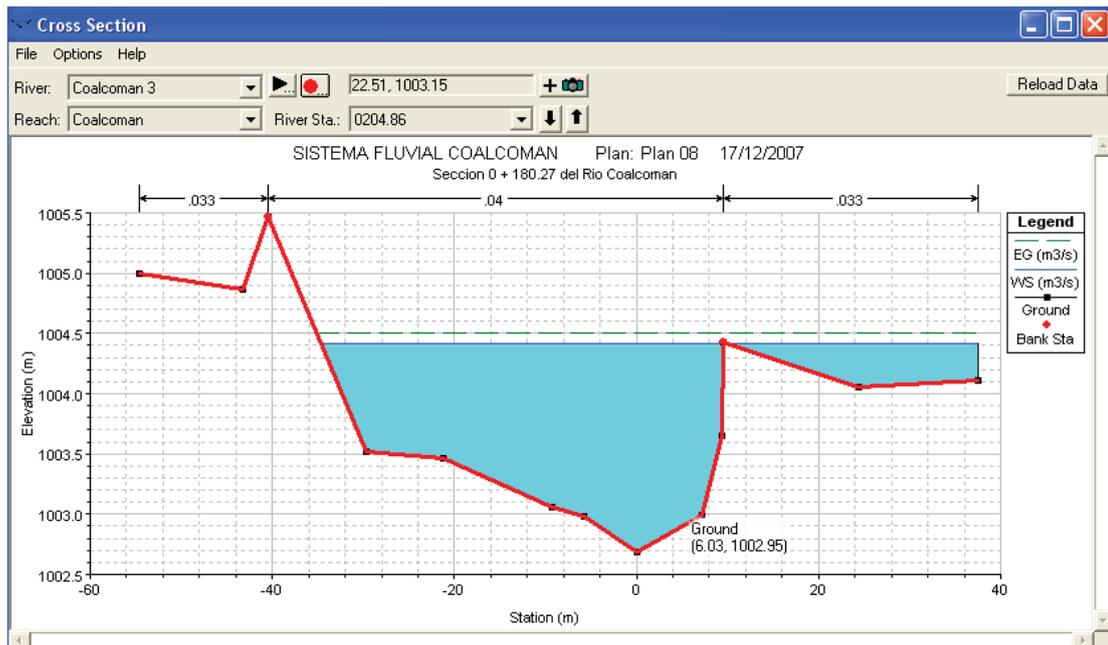


Figura 30: Esta sección se ubica en la estación 0+102.36 del río Grande (Coalcoman)



3.4 PROPUESTAS DE SOLUCION

De acuerdo a los resultados obtenidos en la modelación que se hizo en el HEC-RAS y para flujo permanente; los escenarios nos expusieron las diferentes condiciones que el río puede presentar en la naturaleza, observando que cuando el gasto pico se presenta en cada uno de los cauces, se provocara desbordamiento en su cauce, así como aguas abajo en el río Grande.

Se concluye con esto que se necesitaran obras de protección principalmente en el río chiquito y en el río grande, esto para controlar las grandes avenidas las cuales provocan desbordamientos, por lo cual es necesario colocar estructuras hidráulicas para de esta forma poder controlar las avenidas en el río Chiquito y del río grande evitando de esta forma el desbordamiento del mismo, aunado a esto se observo que en el río apamila es necesario realizar un desvió de la confluencia con el río grande, para que de esta forma tenga un mejor desempeño y evitar que los flujos de estos ríos choquen el uno con el otro, como en la actualidad ocurre.



4. DISEÑO DE LAS OBRAS DE CONTROL Y REGULARIZACION DE AVENIDAS PARA EL POBLADO DE COALCOMAN.

4.1 PROYECTO PARA EL CONTROL Y REGULARIZACION DE AVENIDAS MEDIANTE PRESAS SOBRE EL RIO CHIQUITO EN EL POBLADO DE COALCOMAN

4.1.1 RESUMEN DEL PROYECTO PARA EL CONTROL Y REGULARIZACION DE AVENIDAS MEDIANTE PRESAS SOBRE EL RIO CHIQUITO EN EL POBLADO DE COALCOMAN

El río Chiquito, en sus inmediaciones hacia el poblado de Coalcoman, se localiza en la franja noreste del poblado en el Estado Mexicano de Michoacán.

Este río, tiene su origen hidrológico y orográfico en una cañada al noreste del poblado, y su porción final se ubica hacia la confluencia de éste, con el río Grande ya en el poblado de Coalcoman.

La longitud del desarrollo para el Río Chiquito, es de aproximadamente 11 km, recibe aportaciones a lo largo de una superficie aproximada de 25 Km²; además de una serie de descargas urbanas, tanto registradas, como clandestinas; lo anterior, particularmente hacia la porción Oeste del poblado de Coalcoman.

En un estudio previo el cual se menciono con anterioridad se sugiere realizar un desvío de los escurrimientos del río Chiquito hacia el arroyo las Animas con ello si bien se resuelve el problema en una zona del poblado. Se provocaría otro al incrementar el gasto en el arroyo de las animas. Por lo que esta alternativa de solución no es factible.

En la actualidad, el cauce se encuentra notoriamente azolvado, especialmente en su porción urbana, además de presentar una gran cantidad de maleza, sumándosele el hecho de las construcciones existentes sobre el río mismo, hecho que ha provocado una continua y progresiva disminución de su capacidad hidráulica.

Dicha situación, ha provocado como consecuencia, periódicas inundaciones en la mayoría de las colonias y barrios que se localizan hacia ambas márgenes del río, además de los daños colaterales generados a la infraestructura urbana y de comunicaciones, todo ello debido a los continuos desbordamientos del cauce.

Con el propósito de mitigar tales efectos negativos y a fin de contribuir con el control de las alteraciones y afecciones al medio físico que provocan los continuos episodios de inundación, por lo que se realizo un estudio y los resultados se reportan con el presente Informe.



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



El estudio y análisis de las diferentes alternativas para el control y regulación de avenidas mediante represas sobre el río Chiquito, se ha basado en trabajos e investigaciones hidrológicas, llevados a cabo en la cuenca del mismo en años recientes. Tales actividades han aportado, entre otros datos, la información de gastos de diseño que se listan a continuación.

Gastos determinados para el río Chiquito, expresados en m³/s., obtenidos para diferentes periodos de retorno en años:

TR Años	Q m ³ /S.
20	23.575
50	104.814
100	135.611
200	170.683
500	206.058
1000	223.01

Tabla 6: Gastos para diferentes periodos de retorno

La necesidad de disminuir los efectos negativos que los repetidos procesos de inundación, derivados de cíclicas avenidas sin control que discurren por el cauce del río Chiquito hasta el poblado de Coalcoman, ha requerido de la valoración técnico económica de alternativas de solución, todas ellas vinculadas con el diseño y construcción de represas reguladoras a emplazarse sobre el cauce del citado río. Cabe señalar que los emplazamientos propuestos, se localizan a 4 Km. de la confluencia del río Chiquito con el río Grande.

La selección del sitio donde se construirá una presa responde a factores topográficos y geológicos, que además podrán determinar el tipo de presa a construir. La magnitud y profundidad con que se requiere conocer esos factores depende de la importancia, uso y de la altura de la presa, a medida que estas características crecen dichos estudios también. En el presente estudio se pretende evitar que los escurrimientos generados en la cuenca del río Chiquito rebasen la capacidad hidráulica del río y que de acuerdo con el estudio del funcionamiento hidráulico es de 20m³/seg.

El volumen de escurrimiento del hidrograma, para distintos periodos de retorno se muestra en la tabla No.2

TR Años	Vol. m ³
20	2.97
50	724.47
100	1064.95
200	1479.76
500	2392.65
1000	2263.77

Tabla 7: Volumen de Escurrimiento del Hidrograma para distintos periodos de retorno (Tr).



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



El volumen que habrá que detener y regular depende entonces del periodo de retorno, el cual a medida que se incrementa, el costo de la obra aumenta y al mismo tiempo los riesgos disminuyen. La selección del periodo de retorno es función de la zona por proteger, recomendándose incluso algunos valores. No obstante, en la selección final hay que tener en cuenta la importancia de la obra, la magnitud de la estructura (p. ej. la altura de la presa), daño a propiedades, costos por mantenimiento y reparación de la obra, riesgo de pérdida de vidas humanas, entre otras. En el presente estudio de acuerdo con lo expresado se elige un periodo de retorno de 100 años, con lo que el volumen de escurrimiento que habrá que regular es 1420 m^3

Siendo la capacidad hidráulica del cauce del río Chiquito y el volumen regulable definidos, el sitio donde se pudiera emplazar la represa es el que queda comprendido entre el cadenamiento 0+400 y el cadenamiento 0+600 del cauce del río ya que se presentan condiciones topográficas para la construcción de la obra con alturas de la represa en un rango de 2 m a 3 m y longitud de la cortina en rango de 20 m a 30 m.

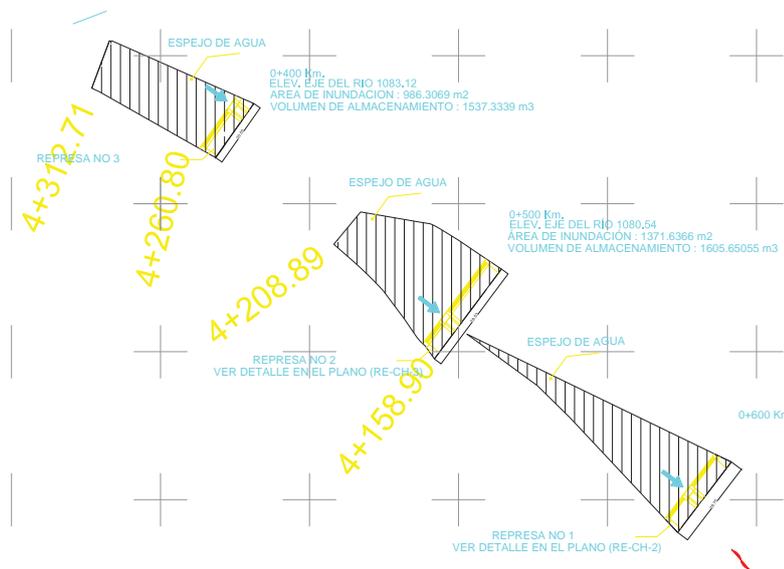


Figura 31: Ubicación represas río Chiquito

Los estudios geológicos y de mecánica de suelos son el otro factor a tener en cuenta para el emplazamiento de la presa. En este trabajo debido a las condiciones topográficas y de relieve del lugar dificultaron el estudio de otros emplazamientos hacia aguas arriba. Por lo que la selección del sitio responde a las características topográficas y de accesibilidad. Aún así, se realizaron trabajos de mecánica de suelos y geotecnia para conocer las características físicas de los materiales en un tramo del río entre los cadenamientos 0+400 y 0+600. Que habrán de tenerse en cuenta y/o ampliarse para el tratamiento de la cimentación de la represa.



Figura 32: Geotecnia Km 0+550 margen derecha

En atención a lo antes expuesto se seleccionaron tres sitios para el emplazamiento de la represa, localizados en el cadenamiento 0+600, 0+500 y 0+400. Que cumplen cabalmente con el criterio establecido y que juntos podrán almacenar temporalmente un volumen de 4644 m^3 , equivalente a un hidrograma con periodo de retorno de 500 años.

En cuanto a los materiales que constituyen las represas se considera incorporar materiales de mampostería con mortero de cemento, concreto simple y elementos menores de concreto armado.

La ubicación específica, características del diseño (Planta y Secciones) y los detalles estructurales inherentes, se muestran en los planos (Represas planta final (RE-CH-1) Detalle Represa No. 1 (RE-CH-2), Detalle Represa No. 2 (RE-CH-3), Detalle Represa No. 3 (RE-CH-3), que se anexan.

A continuación, se presentan las características de diseño, correspondientes a cada una de las estructuras de regulación (Presas), propuestas:

PRESA DE REGULACIÓN EN SITIO 0+600.

Ubicación con base en levantamiento topográfico: Cadenamiento 0+600

Coordenadas geográficas (Aproximadas): 692680.8732, 2079799.3642

Tipo de cortina: Mixta

Altura total de diseño de cortina: 2.17 m

Combinación de cortinas: Retención + Cimacio

Longitud total de cortina: 29.75 m

Longitud de cortina de retención (SC): 14.75 m



Longitud de cortina vertedor por cresta de cimacio (SV): 15.00 m

Longitud de escotadura: 2.00 m

Altura de escotadura: 1.00 m

Capacidad de almacenamiento máximo: 1501.0587 m³

Descarga de diseño con vertedor por cresta de cimacio: 10 m³/s.

Descarga por Escotadura: 10 m³/s.

PRESA DE REGULACIÓN EN SITIO 0+500.

Ubicación con base en levantamiento topográfico: Cadenamiento 0+500

Coordenadas geográficas: 692599.8632, 2079858.2024

Tipo de cortina: Mixta

Altura total de diseño de cortina: 2.39 m

Combinación de cortinas: Retención + Cimacio

Longitud total de cortina: 28.53 m

Longitud de cortina de retención (SC): 13.53 m

Longitud de Cortina vertedor por cresta de cimacio (SV): 15.00 m

Longitud de escotadura: 2.00 m

Altura escotadura: 1.00 m

Capacidad de almacenamiento máximo: 1605.65055 m³

Descarga de diseño con vertedor por cresta de cimacio: 10 m³/s.

Descarga escotadura: 10 m³/s.



PRESA DE REGULACIÓN EN SITIO 0+400.

Ubicación con base en levantamiento topográfico: Cadenamiento 0+400

Coordenadas geográficas: 692524.9074, 2079924.5653

Tipo de cortina: Mixta

Altura total de diseño de cortina: 2.85 m.

Combinación de cortinas: Retención + Cimacio

Longitud total de cortina: 20.55 m

Longitud de cortina de retención (SC): 6.34 m

Longitud de cortina vertedor por cresta de cimacio (SV): 14.21 m

Longitud de escotadura: 2 m

Altura escotadura: 1.00 m

Capacidad de almacenamiento máximo: 1537.33395 m³

Descarga de diseño con vertedor por cresta de cimacio: 10 m³/s.

Descarga escotadura: 10 m³/s.

Resulta importante resaltar que para los 3 casos expuestos, las condiciones de diseño de cada una de las Presas de Regulación propuestas, consideran que la Descarga (Q) máxima, que eventualmente se lleve a cabo a través de las Secciones de Vertedor por Cresta de Cimacio y Escotaduras abiertas, que permiten el paso controlado de la Máxima Avenida, que se presentaría en un período de retorno de 20 años.

No obstante lo señalado anteriormente, es muy importante resaltar lo altamente recomendable que resulta monitorear y valorar, desde la puesta en operación y aún posteriormente en forma periódica regular, el estado físico, condiciones generales y comportamiento hidráulico de los elementos de control y regulación propuestos; lo anterior, con objeto de valorar su operación bajo condiciones ordinarias, extraordinarias y eventualmente extremas.



4.1.2 OBJETIVOS Y ALCANCES

La finalidad de los trabajos que aquí se reportan se pretende resolver o disminuir el problema de inundaciones por desbordamiento que presenta el río Chiquito a su paso por el poblado de Coalcomán. Dicho desbordamiento tiene su origen en la disminución de la capacidad hidráulica del cauce provocada de forma natural y derivada de las actividades antropogénicas del lugar. Que hacen que no se logre el desalojo rápido de los escurrimientos de las crecientes y avenidas provocadas por las precipitaciones en la cuenca.

Estos trabajos han sido derivados de las valoraciones de campo y de gabinete, mediante análisis e interpretación de resultados. Se ha revisado y considerado el comportamiento espacial de los picos de las avenidas (Q) que escurren por el río Chiquito para periodos de retorno (Tr) de 20 años y hasta 500 años.

Con la ayuda del software denominado HECRAS previamente calibrado y validado se ha podido realizar el funcionamiento hidráulico no sólo del río Chiquito sino del sistema fluvial en conjunto, con el cual se han podido localizar los sitios de desbordamiento y la capacidad de conducción del cauce sin que ocurra desbordamiento.

Así se ha podido conformar un proyecto el cual consistente de tres (3), presas pequeñas de regulación de sección mixta, localizadas a lo largo de un tramo del cauce del río Chiquito aguas arriba del poblado de Coalcomán, que posibilitaran el control de los picos de las crecientes en el mencionado río.

Con base en la interpretación y análisis de los resultados recopilados en campo y gabinete, respecto del comportamiento hidrológico de río y en atención a los reportes obtenidos de los análisis, Geotécnico y Topográfico, ha sido posible valorar el eventual comportamiento de los Elementos de Regulación o Presas, ante la presencia de las aguas discurrentes por el Río Chiquito en las proximidades de su incorporación a la zona urbana de la Ciudad de Coalcoman,

Tales actividades han sido fundamentadas en las características físicas y condiciones hidrodinámicas de los escurrimientos que se presentan en el Río Chiquito.

Como resultado de la interpretación y análisis de los trabajos aquí reportados, ha sido posible determinar cualitativa y cuantitativamente, aspectos básicos respecto de las características y condiciones que actualmente presenta el cauce del río Chiquito, así como su eventual comportamiento ante situaciones de avenidas máximas ordinarias, para periodos de retorno de 20 y hasta 500 años.

Asimismo y como parte final de los trabajos reportados, ha sido factible determinar la conformación de un Proyecto, relativo a 3 represas de regulación de sección mixta, mismas que posibilitarán el control parcial de las avenidas generadas por los picos de tormenta que se presentan periódicamente sobre el cauce del Río Chiquito.



Cabe remarcar que, para la complementación de los proyectos que se reportan, se han considerado aspectos técnicos y técnico-económicos, tanto en las áreas de Hidrología, Hidráulica, Topografía y Mecánica de Suelos.

4.1.3 METODOLOGIA GENERAL DEL TRABAJO

El área de estudio se localiza sobre la porción noreste del poblado de Coalcoman, con la información técnica disponible, respecto de la zona de estudio como base de acción, se programaron, previa revaloración de gabinete, y recorridos de reconocimiento y verificación topográfica, e hidrológica, lo anterior, considerando el perímetro en las inmediaciones de cauce del río Chiquito.

Tales actividades se llevaron a cabo con atención especial en aspectos vinculados con las áreas de hidrológica superficial, topografía.

Asimismo y con objeto de fortalecer los trabajos de análisis e interpretación de la información Geológica, de los potenciales cuerpos de agua que habrán de formarse con la construcción de Presas de regulación, se consultó la información disponible del área de estudio, tanto bibliográfica, como de imágenes y fotografías aéreas.

Las actividades antes referidas, permitieron conformar y consolidar la interpretación general de los procesos, geomorfológicos hidrológicos y edafológicos que ocurren en el área de proyecto; adicionalmente ha sido posible verificarlos mediante validación de campo.

Con el propósito de determinar las características y condiciones del eventual emplazamiento de cortinas y presas de regulación en sitios razonablemente aptos desde una visión geotécnica y teniendo como objetivo, el conocer y evaluar las condicionantes y eventuales limitantes de las cimentaciones de tales estructuras reguladoras, se programó la ejecución de actividades de prospección integral de campo. Las actividades referidas atendieron en principio, aspectos tales como las condiciones hidrológicas e hidrográficas respecto del trazo en el cauce del Río Chiquito, para en una fase posterior revisar, valorar y evaluar las condiciones Geológicas y de Mecánica de Suelos, tanto del lecho como de las márgenes y taludes del río; considerando su composición, propiedades índices y aspectos generales del suelo y subsuelo.



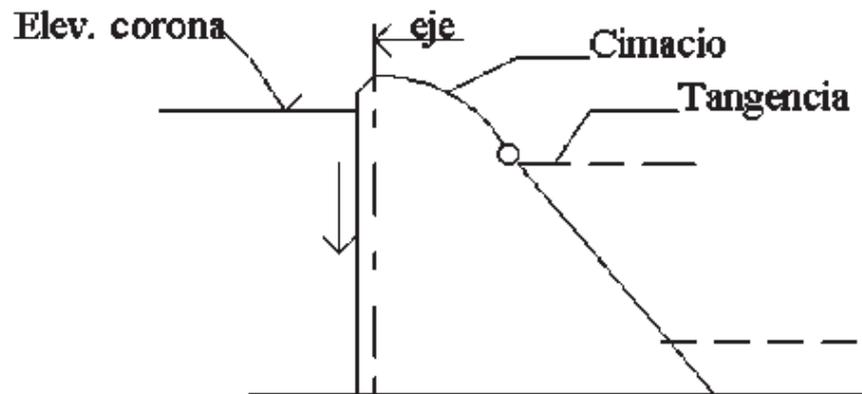
4.1.4 ANALISIS DE CORTINAS Y ESTABILIDAD

4.1.4.1 SECCION TIPICA DE CORTINAS RIGIDAS

La sección típica de las cortinas rígidas es la forma trapezoidal con cimacio en la corona como lo indica esquemáticamente la figura siguiente.

La geometría del cimacio se aproxima a la forma parabólica de un chorro de agua con caída libre.

El objeto de diseñar así a las estructuras en general es no proporcionar presiones bajas entre la lámina vertiente y el paramento de aguas abajo, con el cual se evitan fenómenos de cavitación y corrosión y además cierto tipo de esfuerzos de la cortina. Los taludes de aguas abajo y aguas arriba y la cortina se fijan al verificar la estabilidad de la misma.



Sección típica de cortina vertedora rígida.

Figura 33: Sección típica cortina vertedora



4.1.4.2 FUERZAS QUE ACTUAN SOBRE UNA CORTINA

Las fuerzas que actúan sobre una cortina son las siguientes:

1. - Peso propio.
2. - Presión hidrostática.
3. - Sub-presión.
4. - Empuje de sedimentos o azolves.
5. - Fuerzas sísmicas.
6. - Peso del agua sobre el paramento de aguas arriba.
7. - Presión negativa entre el manto de agua y el paramento de aguas abajo.
8. - Rozamiento del agua con el paramento de descarga.
9. - Choque de olas y cuerpos flotantes.
10. - Presión del hielo.
11. - Relación del terreno.

A continuación se dará una breve explicación de las fuerzas que actúan sobre una cortina, solo se describirán las más importantes para nuestro caso:

a).- PESO PROPIO

Se calculará de acuerdo con el material de que este hecha la represa, algunos valores para el peso volumétrico de distintos materiales se muestran en la siguiente tabla. (Tabla No. 8).

<i>MATERIAL</i>	<i>PESO VOLUMÉTRICO EN KG/CM³</i>
MAMPOSTERIA	2000
CONCRETO SIMPLE	2200
CONCRETO CICLOPEO	2200
COLCRETO	2000
ENROCAMIENTO ACOMODADO	1800
ENROCAMIENTO A VOLTEO	1800
ARCILLA COMPACTADA	1800
ARENA Y GRAVA	1600

Tabla 8: Pesos volumétricos



En la siguiente figura se muestra de manera grafica el peso propio de la represa, el cual esta representado con la literal (P):

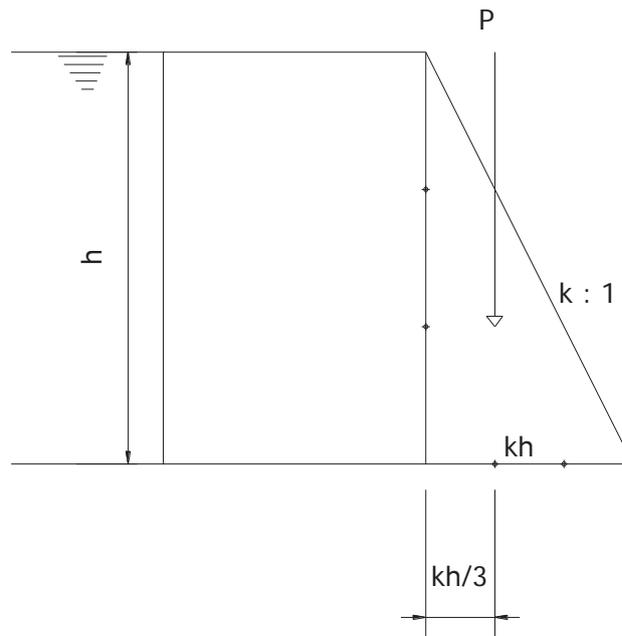


Figura 34: Peso propio de la represa

El cálculo de la fuerza del peso propio de la represa se realiza con la siguiente expresión:

$$P = (1/2) * (\gamma_m) * (k) * (h^2)$$

Donde:

P: es igual a la fuerza que actua sobre la represa debida al peso propio de la misma (T)

γ_m : es el peso especifico del material con el cual esta construida la represa (T/m³)

k: es el talud de la pared de aguas debajo de la represa (m)

h: es la altura máxima del agua (m)



b).- PRESION HIDROSTATICA

Se considera la presión del agua que actúa sobre el paramento de aguas arriba de la cortina.

Cuando el paramento de arriba no sea vertical el empuje del agua que obra normal a ese paramento se descompone para efectos de cálculo de un empuje horizontal y una componente vertical que viene siendo el peso de la cuña de agua. Es claro que el peso del agua se elimina cuando se tiene un talud vertical.

En la siguiente figura podemos observar el empuje del agua sobre la pared de la represa:

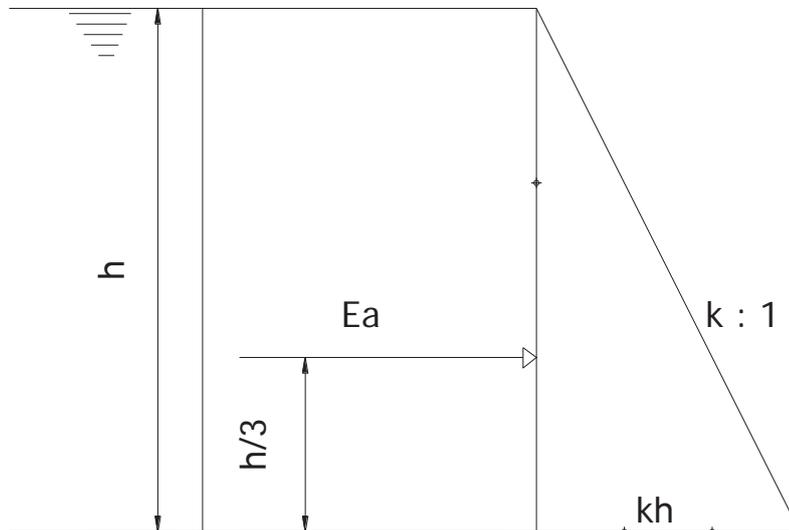


Figura 35: Presión Hidrostática

La llamada presión hidrostática se calcula de la siguiente manera:

$$E_a = (1/2) * \gamma_a * (h^2)$$

Donde:

E_a : es el empuje debido a la presión del agua ejercida sobre la represa

γ_a : es el peso específico del agua

h : es la altura máxima del agua.



c).- SUBPRESION

Es una presión debida al agua de filtración que actúa en la cimentación de la cortina con sentido de abajo hacia arriba y por lo tanto, es desfavorable a la estabilidad de la cortina. Para determinar su valor en la cimentación de las presas, se debe analizar la denominada "longitud de paso de filtración". Y la existencia o no de drenes.

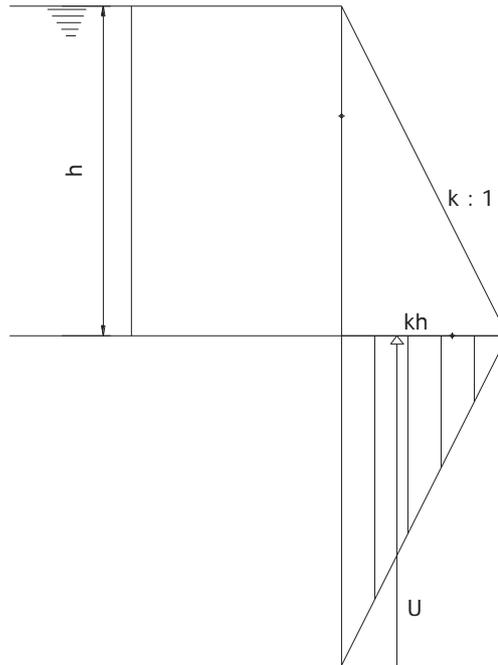


Figura 36: Subpresion

Para poder realizar el cálculo de la subpresion es necesario utilizar la siguiente expresión

$$U = (1/2) * (\gamma_a) * (k) * (h^2)$$

U: es el valor de la subpresion

γ_a : es el valor del peso específico del agua

k: es el talud de la pared de aguas abajo de la represa

h: es la altura del agua



En nuestro caso no se tomo en cuenta este valor debido a que nuestras represas no son represas de almacenamiento si no que solo se trata de presas reguladoras, las cuales solo retendrán por un periodo de tiempo muy corto el agua.

d).- EMPUJE DE AZOLVES

Debido a los azolves y acarreos en general que deposita la corriente de aguas arriba de la cortina, se tendrá una presión sobre el paramento correspondiente que deberá tomarse en cuenta. .

El empuje de estos materiales se valúa en forma aproximada empleando las formulas que a continuación se mostraran:

Además es necesario decir que cuando una represa cuenta con una pared aguas arriba con un talud “x” es necesario descomponer el valor del empuje de los azolves en sus componentes “Es” y “Ps”, las cuales se calcularan con las formulas que a continuación se mostraran.

Cabe mencionar que en el caso de nuestras represas se ignorara el empuje de los azolves, ya que nuestras represas como antes se menciona solo son represas reguladoras y no de almacenamiento por lo que el valor del empuje de los azolves es despreciable.

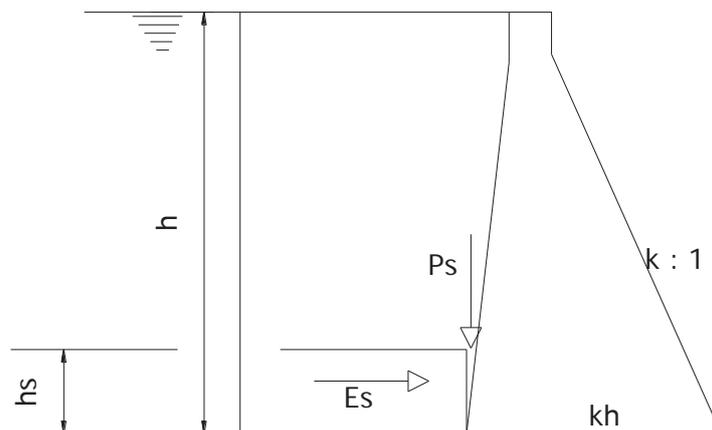


Figura 37: Empuje De Azolves

$$E_s = (1/2) * (k_a) * (\gamma_s) * (h_s^2)$$



Donde:

Es: es igual al valor del empuje horizontal debido a los azolves

Ka: es el valor del talud aguas abajo

γ_s : es el valor correspondiente a el peso especifico del material azolvado

h_s^2 : esta es la altura correspondiente a la cantidad de azolves que se encuentran en la represa

$$Ps = (1/2) * (\gamma_s) * k_{Tarr} * [h_a - (h - h_s)]^2$$

Donde:

Ps: es el valor del peso de los azolves

γ_s : es el valor correspondiente a el peso especifico del material azolvado

K_{Tarr} : es el valor del talud aguas arriba

ha: es la altura del agua

h_s : esta es la altura correspondiente a la cantidad de azolves que se encuentran en la represa

e).- FUERZAS SISMICAS

Como en la mayoría de los proyectos las cortinas para el control de avenidas suelen ser de poca altura y relativamente de poco peso la fuerza debida de los temblores es despreciable. No obstante para nuestro caso se tomo en cuenta estas fuerzas ya que el sitio de construcción de las represas es un lugar altamente sísmico, al cual le corresponde un coeficiente sísmico de 0.48.

Por lo anterior es necesario considerar que las fuerzas sísmicas las podemos dividir en dos partes, lo que es el sismo en la masa de la represa, y en la masa del agua (T_a) actuando contra la represa.

SISMO EN LA MASA DE LA REPRESA

PSEUDOESTATICO

Fuerzas estáticas proporcionales a los pesos de las diferentes secciones actuando en el centro de gravedad de cada una de ellas.

El factor de proporcionalidad será el coeficiente sísmico que tomaría en cuenta la sismicidad de la región para nuestro caso es de 0.48



SISMO EN LA MASA DEL AGUA

Este se calcula con la siguiente expresión:

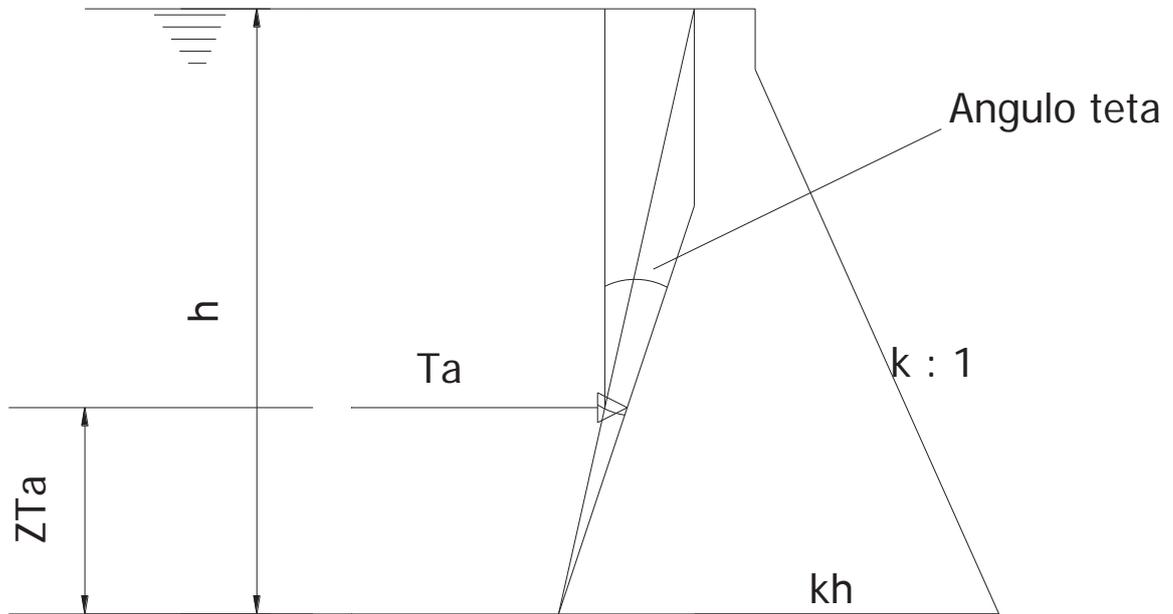


Figura 38: Sismo En La Masa Del Agua

$$T_a = \alpha \cdot (c_m/2) \cdot \gamma_a \cdot \lambda \cdot h^2 \cdot \sec \theta$$

Donde:

T_a: es la fuerza producida por el sismo en el agua

C_m,β,α: son coeficientes adimensionales

h: es igual a la altura del agua

$$Z_{ta} = \beta \cdot h$$

Donde:

Z_{ta}= a la ubicación de T_a

β = es un coeficiente adimensional

h = distancia al plano de análisis



A continuación se presentan las tablas de los coeficientes antes mencionados

θ	Cm
0	0.73
10	0.67
20	0.61
30	0.54
40	0.46
50	0.38
60	0.29
70	0.21
80	0.11
90	0.00

Tabla 9: Coeficientes Adimensionales

h/H	α	β
0	0	0.389
0.1	0.04	0.385
0.2	0.11	0.384
0.3	0.22	0.384
0.4	0.35	0.384
0.5	0.51	0.385
0.6	0.68	0.387
0.7	0.87	0.390
0.8	1.06	0.394
0.9	1.24	0.397
1.0	1.44	0.402

Tabla 10: Coeficientes Adimensionales

f).- PESO DEL AGUA SOBRE EL PARAMETRO DE AGUAS ARRIBA

Este peso, es relativamente pequeño y en general suele despreciarse, porque además, actúa a favor de la estabilidad de la cortina.

Su valor, teóricamente se anula, cuando se diseña la cortina con un cimacio Creager o parabólico ya que en estas condiciones, teóricamente la lámina vertiente no ejerce ninguna presión sobre la cortina, puesto que el perfil del cimacio se aproxima a la trayectoria del chorro.



g).- PRESION NEGATIVA SOBRE EL MANTO DE AGUA Y EL PARAMETRO DE AGUAS ABAJO

Se presenta cuando el manto del agua que se despega del paramento de aguas abajo y no se haya previsto una buena aireación de dicho manto.

Esta presión es debida al vacío que se produce bajo la lámina vertiente, cuando el aire en sitio es arrastrado por la corriente y cuando su magnitud es despreciable en la mayoría de los casos; en otros su valor puede ser tal que ocurran fenómenos de cavitación, corroyendo el paramento de la cortina.

En vez de considerar el valor de esta presión en la revisión estructural de la cortina, lo viable es evitar que tengan en el sitio señalado presiones negativas y obviamente esto se logra construyendo un perfil parabólico adecuado.

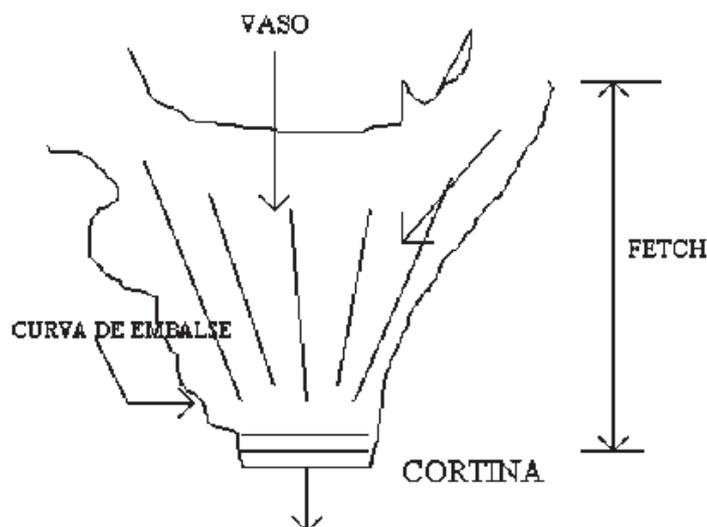
Su valor es pequeño y despreciable, prácticamente se hace nulo por la forma que se adopta para el perfil del dique vertedor.

h).- ROZAMIENTO DEL AGUA CON EL PARAMENTO DE DESCARGA

Su valor es pequeño y despreciable, prácticamente se hace nulo por la forma que se adopta para el perfil del dique vertedor.

i).- CHOQUE DE LAS OLAS Y CUERPOS FLOTANTES

Debido al poco "Fetch" que se tiene en algunas presas y la poca altura; los fenómenos de oleaje son pequeños y la acción dinámica de las olas no se toma en cuenta. Tampoco el choque de los cuerpos flotantes.



Representación gráfica del fetch.

Figura 39: Representación Grafica del fetch



j).- RELACIÓN DEL TERRENO

Para que exista la estabilidad de la cortina, bajo cualquier condición de fuerzas horizontales y verticales, que actúan en ella se deberá oponer otra producida por la relación del terreno, que deberá ser igual y contraria a la resultante de la combinación de todas las demás cargas que actúen sobre la cortina. El terreno deberá tener capacidad de carga mayor a la solicitada.

4.1.5 ESFUERZOS DE LOS MATERIALES

Se puede presentar una falla de los materiales cuando los esfuerzos a los que estén trabajando, sean mayores que los especificados como admisibles para ellos. Por lo tanto esta falla se evitara verificando que en cualquier sección de la estructura, se tengan esfuerzos menores que los permisibles. Particularmente, en el plano de desplante de la estructura, se deberán tener esfuerzos de compresión solamente, ya que el terreno no admite tensiones, esto se consigue haciendo que la resultante de las cargas pase por el tercio medio de la base de sustentación.

COMBINACION EN FUERZAS Y FACTORES DE SEGURIDAD

La combinación de fuerzas se puede dividir en dos: las cargas usuales u ordinarias y las cargas extraordinarias las cuales se describirán a continuación:

CARGAS USUALES U ORDINARIAS

Peso propio (P), empuje horizontal (Eh), peso del agua (Pa), con el nivel máximo usual (NAMO), subpresión (U), peso del azolve (Ps), con el nivel del azolve esperado durante la vida útil de la represa.

CARGAS EXTRAORDINARIAS

Estas son igual que las ordinarias, solo que con el nivel del agua al NAME, así como con el sismo en la masa de la represa (T) y en la masa del agua (Ta).

Además debemos de tener en cuenta que el factor de seguridad es un número que se utilizara en los cálculos de la manera siguiente.

Consideraremos que los esfuerzos normales máximos que se produzcan no deben superar la resistencia ultima de los materiales dividida entre ese numero.

Que los esfuerzos cortantes máximos en planos de análisis (Horizontales), no rebasen la resistencia ultima de los materiales o de los contactos entre ellos, dividida entre ese numero.



FACTORES DE SEGURIDAD MINIMOS

COMBINACION DE CARGAS	FACTOR DE SEGURIDAD	PLANO ANALISIS CIMENTACION
ORDINARIAS	3	4
EXTRAORDINARIAS	2	2.7

CONDICIONES DE SEGURIDAD

1.- Esfuerzos máximos de compresión menores que los permisibles.

2.- Esfuerzos cortantes medios menores que los permisibles es decir:

Que el factor de fricción cortante (FFC). Sea mayor que el factor de seguridad que corresponda.

El factor de fricción cortante esta definido como el cociente de las fuerzas verticales dividida entre las fuerzas horizontales teniendo en cuenta la subprecion en las fuerzas verticales.

3.- los esfuerzos en el talón de la represa sin considera la subprecion deben ser mayores (compresiones positivas) que la subprecion en ese punto, reducido por un factor si hay drenes adecuados y disminuida por la resistencia a la tensión del concreto dividida entre el factor de seguridad.

La subprecion no precisamente en el talón pero si en la zona donde se ubica este, se reduce por el efecto de los drenes, consideraremos entonces:

$$P \cdot \gamma_a \cdot h, \text{ con } P < 1$$

De esa subprecion $P \cdot \gamma_a \cdot h$ una parte la puede tomar el concreto a la tensión si ello fuera necesario que no se fracture el mismo concreto.

$$f't / FS$$

La parte de la subprecion que aun no consideramos es:

$$\sigma_{zu} = P \cdot \gamma_a \cdot h - (f't / FS)$$

A continuación se presentan los resultados de las condiciones de seguridad para cada represa, donde se podrá observar que se cumple con todas las condiciones de seguridad antes mencionadas, estos cálculos se realizaron con la ayuda de una hoja de calculo de Excel.



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



a).- CONDICIONES DE SEGURIDAD PARA LA REPRESA No. 1 CADENAMIENTO (0+600)

COMBINACION DE CARGAS	FACTOR DE SEGURIDAD	PLANO ANALISIS	DISTANCIA AL PIE	DISTANCIA AL TALON	FACTOR DRENES
ORDINARIAS	4	CIMENTACION	m 1.28575	m -1.28575	1
EXTRAORDINARIAS	1.3	CIMENTACION			

AGUA AL NAMO (ORDINARIA)						
CONDICION DE SEGURIDAD	SUMA FUERZAS VERTICALES	SUMA MOMENTOS	ESFUERZO DE COMPRESION EN B	ESFUERZO DE COMPRESION MAXIMOS	ESFUERZOS PERMISIBLES	CONDICION
	T	T-m	T/m2	T/m2	T/m2	
I	7.204	-0.381	2.455	4.671	500.000	CUMPLE
			SUMA FUERZAS HORIZONTALES	TAN (FI)	FACTOR DE SEGURIDAD CORTANTE	
			T			
II			1.531	1.000	4.705	CUMPLE
			ESFUERZO DE COMPRESION EN A	ESFUERZO POR SUBPRESION EN A		
	T	T-m	T/m2	T/m2		
III	7.204	-0.381	3.148	1.750		CUMPLE

Tabla 11: Condiciones de seguridad de la represa No1 ubicada en el cadenamiento 0+600 del rio Chiquito agua al namo ordinaria



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



AGUA AL NAMO CON SISMO (EXTRAORDINARIA)						
CONDICION DE SEGURIDAD	SUMA FUERZAS VERTICALES	SUMA MOMENTOS	ESFUERZO DE COMPRESION EN B	ESFUERZO DE COMPRESION MAXIMOS	ESFUERZOS PERMISIBLES	CONDICION
	T	T-m	T/m2	T/m2	T/m2	
I	7.204	2.199	4.797	9.126	1538.462	CUMPLE
			SUMA FUERZAS HORIZONTALES	TAN (FI)	FACTOR DE SEGURIDAD CORTANTE	
			T			
II			5.391	1.000	1.336	CUMPLE
			ESFUERZO DE COMPRESION EN A	ESFUERZO POR SUBPRESION EN A		
	T	T-m	T/m2	T/m2		
III	7.204	2.199	0.806	1.750		NO CUMPLE

Tabla 12: Condiciones de seguridad de la represa No1 cadenamiento 0+600 agua al namo con sismo extraordinaria

PRESA VACIA CON SISMO (EXTRAORDINARIA)						
CONDICION DE SEGURIDAD	SUMA FUERZAS VERTICALES	SUMA MOMENTOS	ESFUERZO DE COMPRESION EN B	ESFUERZO DE COMPRESION MAXIMOS	ESFUERZOS PERMISIBLES	CONDICION
	T	T-m	T/m2	T/m2	T/m2	
I	6.591	1.461	3.889	7.399	1538.462	CUMPLE
			SUMA FUERZAS HORIZONTALES	TAN (FI)	FACTOR DE SEGURIDAD CORTANTE	
			T			
II			3.164	1.000	2.083	CUMPLE
			ESFUERZO DE COMPRESION EN A	ESFUERZO POR SUBPRESION		
	T	T-m	T/m2	T/m2		
III	6.591	1.461	1.237	0.000		CUMPLE

Tabla 13: Condiciones de seguridad de la represa No1 cadenamiento 0+600 presa vacia con sismo extraordinaria



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



PRESA VACIA						
CONDICION DE SEGURIDAD	SUMA FUERZAS VERTICALES	SUMA MOMENTOS	ESFUERZO DE COMPRESION EN B	ESFUERZO DE COMPRESION MAXIMOS	ESFUERZOS PERMISIBLES	CONDICION
	T	T-m	T/m2	T/m2	T/m2	
I	6.591	-0.630	1.992	7.399	1538.462	CUMPLE
			SUMA FUERZAS HORIZONTALES	TAN (FI)	FACTOR DE SEGURIDAD CORTANTE	
			T			
II			0.000	1.000	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
			ESFUERZO DE COMPRESION EN A	ESFUERZO POR SUBPRESION		
	T	T-m	T/m2	T/m2		
III	6.591	-0.630	3.135	0.000		CUMPLE

Tabla 14: Condiciones de seguridad de la represa No1 cadenamamiento 0+600 presa vacia



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



b).- CONDICIONES DE SEGURIDAD PARA LA REPRESA No. 2 CADENAMIENTO (0+500)

COMBINACION DE CARGAS	FACTOR DE SEGURIDAD	PLANO ANALISIS	DISTANCIA AL PIE m	DISTANCIA AL TALON m	FACTOR DRENES
ORDINARIAS	4	CIMENTACION	1.44025	-1.44025	1
EXTRAORDINARIAS	1.3	CIMENTACION			

AGUA AL NAMO (ORDINARIA)						
CONDICION DE SEGURIDAD	SUMA FUERZAS VERTICALES	SUMA MOMENTOS	ESFUERZO DE COMPRESION EN B	ESFUERZO DE COMPRESION MAXIMOS	ESFUERZOS PERMISIBLES	CONDICION
	T	T-m	T/m2	T/m2	T/m2	
I	9.013	-0.567	2.719	5.173	500.000	CUMPLE
			SUMA FUERZAS HORIZONTALES	TAN (FI)	FACTOR DE SEGURIDAD CORTANTE	
			T			
II			2.000	1.000	4.506	CUMPLE
			ESFUERZO DE COMPRESION EN A	ESFUERZO POR SUBPRESION EN A		
	T	T-m	T/m2	T/m2		
III	9.013	-0.567	3.539	2.000		CUMPLE

Tabla 15: Condiciones de seguridad de la represa No2 cadenamiento 0+500 agua al namo ordinaria



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



AGUA AL NAMO CON SISMO (EXTRAORDINARIA)						
CONDICION DE SEGURIDAD	SUMA FUERZAS VERTICALES	SUMA MOMENTOS	ESFUERZO DE COMPRESION EN B	ESFUERZO DE COMPRESION MAXIMOS	ESFUERZOS PERMISIBLES	CONDICION
	T	T-m	T/m2	T/m2	T/m2	
I	9.013	3.089	5.363	10.203	1538.462	CUMPLE
			SUMA FUERZAS HORIZONTALES	TAN (FI)	FACTOR DE SEGURIDAD CORTANTE	
			T			
II			6.850	1.000	1.316	CUMPLE
			ESFUERZO DE COMPRESION EN A	ESFUERZO POR SUBPRESION EN A		
	T	T-m	T/m2	T/m2		
III	9.013	3.089	0.895	2.000		NO CUMPLE

Tabla 16: Condiciones de seguridad de la represa No2 cadenamiento 0+500 agua al namo con sismo extraordinaria

PRESA VACIA CON SISMO (EXTRAORDINARIA)						
CONDICION DE SEGURIDAD	SUMA FUERZAS VERTICALES	SUMA MOMENTOS	ESFUERZO DE COMPRESION EN B	ESFUERZO DE COMPRESION MAXIMOS	ESFUERZOS PERMISIBLES	CONDICION
	T	T-m	T/m2	T/m2	T/m2	
I	8.213	1.965	4.272	8.127	1538.462	CUMPLE
			SUMA FUERZAS HORIZONTALES	TAN (FI)	FACTOR DE SEGURIDAD CORTANTE	
			T			
II			3.942	1.000	2.083	CUMPLE
			ESFUERZO DE COMPRESION EN A	ESFUERZO POR SUBPRESION		
	T	T-m	T/m2	T/m2		
III	8.213	1.965	1.430	0.000		CUMPLE

Tabla 17: Condiciones de seguridad de la represa No2 cadenamiento 0+500 presa vacia con sismo extraordinaria



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



PRESA VACIA						
CONDICION DE SEGURIDAD	SUMA FUERZAS VERTICALES	SUMA MOMENTOS	ESFUERZO DE COMPRESION EN B	ESFUERZO DE COMPRESION MAXIMOS	ESFUERZOS PERMISIBLES	CONDICION
	T	T-m	T/m2	T/m2	T/m2	
I	8.213	-0.961	2.156	8.127	1538.462	CUMPLE
			SUMA FUERZAS HORIZONTALES	TAN (FI)	FACTOR DE SEGURIDAD CORTANTE	
			T			
II			0.000	1.000	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
			ESFUERZO DE COMPRESION EN A	ESFUERZO POR SUBPRESION		
	T	T-m	T/m2	T/m2		
III	8.213	-0.961	3.546	0.000		CUMPLE

Tabla 18: Condiciones de seguridad de la represa No2 cadenamamiento 0+500 presa vacia



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



c).- CONDICIONES DE SEGURIDAD PARA LA REPRESA No. 3 CADENAMIENTO (0+400)

COMBINACION DE CARGAS	FACTOR DE SEGURIDAD	PLANO ANALISIS	DISTANCIA AL PIE	DISTANCIA AL TALON	FACTOR DRENES
ORDINARIAS	4	CIMENTACION	m 1.73475	m -1.73475	1
EXTRAORDINARIAS	1.3	CIMENTACION			

AGUA AL NAMO (ORDINARIA)						
CONDICION DE SEGURIDAD	SUMA FUERZAS VERTICALES	SUMA MOMENTOS	ESFUERZO DE COMPRESION EN B	ESFUERZO DE COMPRESION MAXIMOS	ESFUERZOS PERMISIBLES	CONDICION
	T	T-m	T/m2	T/m2	T/m2	
I	12.814	-1.163	3.113	5.923	500.000	CUMPLE
			SUMA FUERZAS HORIZONTALES	TAN (FI)	FACTOR DE SEGURIDAD CORTANTE	
			T			
II			2.832	1.000	4.524	CUMPLE
			ESFUERZO DE COMPRESION EN A	ESFUERZO POR SUBPRESION EN A		
	T	T-m	T/m2	T/m2		
III	12.814	-1.163	4.273	2.380		CUMPLE

Tabla 19: Condiciones de seguridad de la represa No3 cadenamiento 0+400 agua al namo ordinaria



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



AGUA AL NAMO CON SISMO (EXTRAORDINARIA)						
CONDICION DE SEGURIDAD	SUMA FUERZAS VERTICALES	SUMA MOMENTOS	ESFUERZO DE COMPRESION EN B	ESFUERZO DE COMPRESION MAXIMOS	ESFUERZOS PERMISIBLES	CONDICION
	T	T-m	T/m2	T/m2	T/m2	
I	12.814	5.017	6.194	11.784	1538.462	CUMPLE
			SUMA FUERZAS HORIZONTALES	TAN (FI)	FACTOR DE SEGURIDAD CORTANTE	
			T			
II			9.725	1.000	1.318	CUMPLE
			ESFUERZO DE COMPRESION EN A	ESFUERZO POR SUBPRESION EN A		
	T	T-m	T/m2	T/m2		
III	12.814	5.017	1.193	2.380		NO CUMPLE

Tabla 20: Condiciones de seguridad de la represa No3 cadenamiento 0+400 agua al namo con sismo extraordinaria

PRESA VACIA CON SISMO (EXTRAORDINARIA)						
CONDICION DE SEGURIDAD	SUMA FUERZAS VERTICALES	SUMA MOMENTOS	ESFUERZO DE COMPRESION EN B	ESFUERZO DE COMPRESION MAXIMOS	ESFUERZOS PERMISIBLES	CONDICION
	T	T-m	T/m2	T/m2	T/m2	
I	11.681	3.145	4.934	9.388	1538.462	CUMPLE
			SUMA FUERZAS HORIZONTALES	TAN (FI)	FACTOR DE SEGURIDAD CORTANTE	
			T			
II			5.607	1.000	2.083	CUMPLE
			ESFUERZO DE COMPRESION EN A	ESFUERZO POR SUBPRESION		
	T	T-m	T/m2	T/m2		
III	11.681	3.145	1.799	0.000		CUMPLE

Tabla 21: Condiciones de seguridad de la represa No3 cadenamiento 0+400 presa vacia con sismo extraordinaria



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



PRESA VACIA						
CONDICION DE SEGURIDAD	SUMA FUERZAS VERTICALES	SUMA MOMENTOS	ESFUERZO DE COMPRESION EN B	ESFUERZO DE COMPRESION MAXIMOS	ESFUERZOS PERMISIBLES	CONDICION
	T	T-m	T/m2	T/m2	T/m2	
I	11.681	-1.805	2.467	9.388	1538.462	CUMPLE
			SUMA FUERZAS HORIZONTALES	TAN (FI)	FACTOR DE SEGURIDAD CORTANTE	
			T			
II			0.000	1.000	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
			ESFUERZO DE COMPRESION EN A	ESFUERZO POR SUBPRESION		
	T	T-m	T/m2	T/m2		
III	11.681	-1.805	4.266	0.000		CUMPLE

Tabla 22: Condiciones de seguridad de la represa No3 cadenamiento 0+400 presa vacia

4.1.6 SELECCIÓN DE LA GEOMETRIA DE LA CORTINA DE RETENCION, VERTEDOR CON DESCARGA LIBRE POR CRESTA DE CIMACIO.

Acorde con las consideraciones expuestas, una vez seleccionados los sitios para el emplazamiento de las Cortinas de Regulación de avenidas y explorado en campo y analizado en gabinete las diferentes alternativas, se procedió a definir las mejores alternativas de campo y se procedió a completar el análisis, la revaloración y la elaboración del Proyecto Finale de Presas de Regulación.

Cabe mencionar que para nuestro caso no fue necesario realizar el análisis del oleaje ocasionado por el viento, ya que el área de almacenamiento de nuestras represas no es lo suficientemente extenso como para que el oleaje afecte el funcionamiento hidráulico de las mismas.

Finalmente se ha decidido seleccionar, analizar y diseñar, estructuras o elementos de regulación de avenidas mediante represas, integradas por secciones o perfiles mixtos. Secciones de cortina de retención, y Vertedor con descarga libre.



Cabe hacer mención que han sido analizados y valorados los comportamientos y disposiciones de las líneas topográficas equipotenciales o curvas de nivel, así como su efecto directo en el desarrollo del río; lo anterior se estableció como criterio, con el propósito de evitar que líneas de máximo embalse de una represa de regulación de aguas abajo, alcance y con ello altere el comportamiento hidráulico de otra represa de regulación de aguas arriba.

4.1.7 DISEÑO DE LA CORTINA DE RETENCION, Y VERTEDOR CON DESCARGA LIBRE, PARA LOS SITIOS SELECCIONADOS.

4.1.7.1 Selección y análisis de los perfiles tipo gravedad para Cortina de Retención, Y Vertedor con descarga.

Con el propósito de aprovechar e incorporar los materiales pétreos de la región como elementos constituyentes de las Presas de Regulación propuestas y una vez hecho los análisis de materiales respectivos y concluido los análisis de las diferentes alternativas de selección, diseño y construcción posibles; se han definido y perfilado, estructuras de retención y regulación del tipo Presa de Gravedad conformada fundamentalmente por elementos de mampostería y con mortero de cemento, concreto simple y elementos menores de concreto armado.

En abundamiento de lo anterior, se han considerado factores de Estabilidad contra el vuelco, teniendo como referente la suma de todos los momentos restauradores (momentos positivos), con respecto de la suma de todos los momentos de vuelco (incluidos en éstos, los correspondientes al empuje. Además, de la carga sísmica).

Adicionalmente y teniendo como objetivo minimizar eventuales filtraciones en la zona de la base de las cortinas se han dispuesto elementos en forma de dentellón de concreto armado de dimensiones y características especificadas en los planos, cuyo desplante deberá iniciar a partir de los 0.50 metros por debajo de la roca certificadamente sana, subyacente en los sitios de emplazamiento de las presas.

Todos los detalles tanto estructurales como geométricos se presentan adjuntos a este trabajo.



4.1.7.2 Diseño del perfil del vertedor con descarga libre.

El perfil general del tipo gravedad, establecidos para el vertedor con descarga libre, coincide geométrica y estructuralmente con la base triangular éste ha sido analizado y diseñado de acuerdo con lo siguiente.

Considerando que la descarga (Q), que se presenta a través de una cresta de cimacio se obtiene de la formula:

$$Q = C * L * H^{(3/2)}$$

DONDE

Q = DESCARGA. (m³/s.)

C = COEFICIENTE DE DESCARGA VARIABLE.

L = LONGITUD EFECTIVA DE LA CRESTA. (m)

H = CARGA TOTAL SOBRE LA CRESTA. (m)

Al momento de llevar a cabo la sustitución de nuestros datos pudimos obtener una longitud de la cresta del vertedor de 15m. Cabe mencionar que esta longitud será para las tres represas debido a que se considera el mismo gasto de desalojo.

Los resultados de estas longitudes están descritos en la hoja de cálculo que se anexa a este documento.

El diseño de la forma del vertedor se realizo con la ayuda de la hoja de cálculo que se anexa a este documento, en esta hoja se encuentra la forma geométrica del vertedor y en los planos se presenta los detalles de la misma.



4.1.7.3 Análisis de descarga (Q), por Escotadura.

Se construirá una escotadura en cada Presa de Regulación que permita el paso del gasto en tiempo de estiaje sin incluir estructuras de control tales como compuertas, el área de sección transversal de la escotadura se define a partir de la ecuación de la energía en dos secciones localizadas aguas arriba y aguas debajo de la represa.

Con ese criterio cada escotadura considera 2.00 m. de ancho y un gasto a través de ella de 10 m³ Con lo que se obtiene la altura de la escotadura y cuyos resultados se muestran a continuación:

	ELEVACION CRESTA	ELEVACION CIMENTACION	ELEVACION CORONA	COEFICIENTE DE PERDIDA	ALTURA REPRESA	CARGA S/VERTEDOR	LONGITUD DE LA PRESA	LONGITUD DE LA CRESTA	CARGA	VOLUMEN ALMAC. A LA CRESTA
1	1080	1078.25	1080.42	0.5	2.17	0.42	30	20	0.39	874
1	g(m²/s)	h (m)	Área (m²)	Altura (m)						
2	9.81	2.17	1.8770	0.9385	1					
2	1082.5	1080.5	1082.89		2.39	0.39	26	20	0.39	920
1	g(m²/s)	h (m)	Área (m²)	Altura (m)						
2	9.81	2.39	1.9674	0.9837	1					
3	1085.5	1083.12	1085.97		2.85	0.47	22	15	0.48	1044
1	g(m²/s)	h (m)	Área (m²)	Altura (m)						
2	9.81	2.85	1.9654	0.9827	1					

Tabla 23: Calculo de las dimensiones de la escotadura



4.1.8 CAPACIDADES DE ALMACENAMIENTO DE EMBALSES.

Acorde con la configuración y comportamiento topográfico existente en cada sitio propuesto para el emplazamiento de las Presas de Regulación de Avenidas, ha sido posible estimar los Volúmenes de Almacenamiento temporal respecto de la elevación de niveles de la superficie del agua, para cada embalse resultante.

Dichas magnitudes se muestran en las tablas y graficas siguientes:

PRESA DE REGULACIÓN No. 1 UBICADA EN EL CADENAMIENTO 0+600 DEL RIO CHIQUITO

COTA BASE = 1078.25 m.
ELEVACION CORONA = 1080.42 m.

Curvas Elevación - Área 0+600

Elevacion m	Area m ²
1078.25	0
1078.75	105.94
1079.25	245.83
1079.75	364.48
1080.25	1034.45
1080.5	1251.39

Tabla 24: Datos Elevación – Área, represa No.1

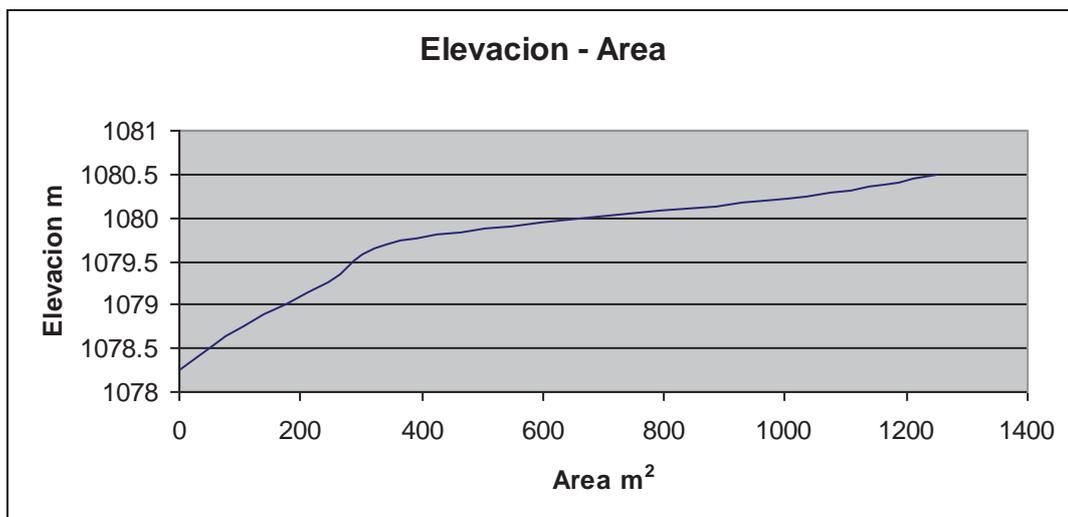


Figura 40: Grafica Elevación – Área, represa No.1



COTA BASE = 1078.25 m
ELEVACION CORONA = 1080.42 m

Curvas Elevación - Volumen 0+600

Elevacion m	Volumen m ³
1078.25	0
1078.75	52.97
1079.25	175.88
1079.75	358.13
1080.25	875.36
1080.5	1501.06

Tabla 25: Datos Elevación – Volumen, represa No.1

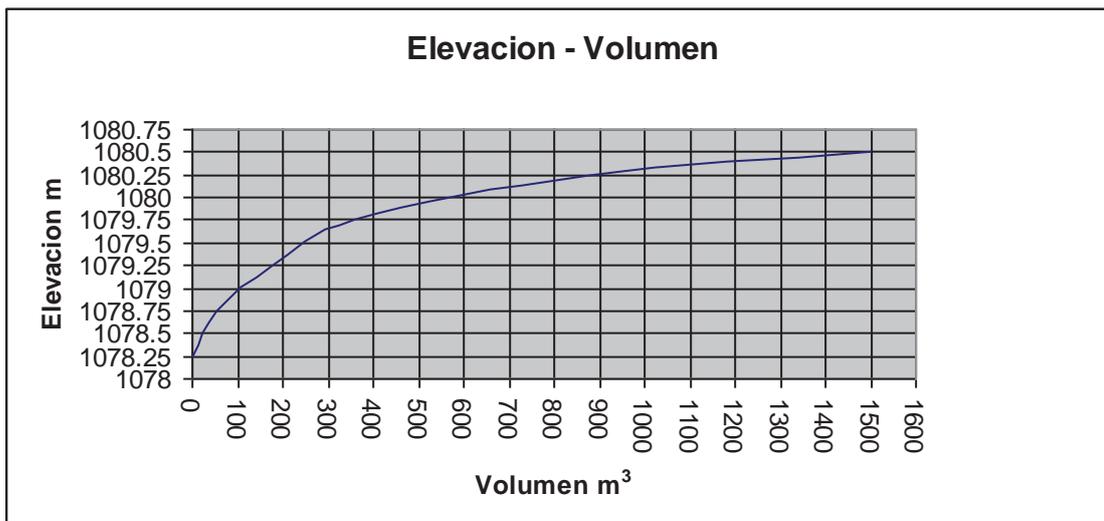


Figura 41: Grafica Elevación – Volumen, represa No.1



PRESA DE REGULACIÓN 2 UBICADA EN EL CADENAMIENTO 0+500 DEL RIO CHIQUITO

COTA BASE = 1080.5 m
ELEVACION CORONA = 1082.89 m

Curvas Elevación - Área 0+500

Elevacion m	Area m ²
1080.5	0
1081	55.01
1081.5	229.91
1082	495.82
1082.5	1058.93
1083	1371.64

Tabla 26: Datos Elevación – Área, represa No.2

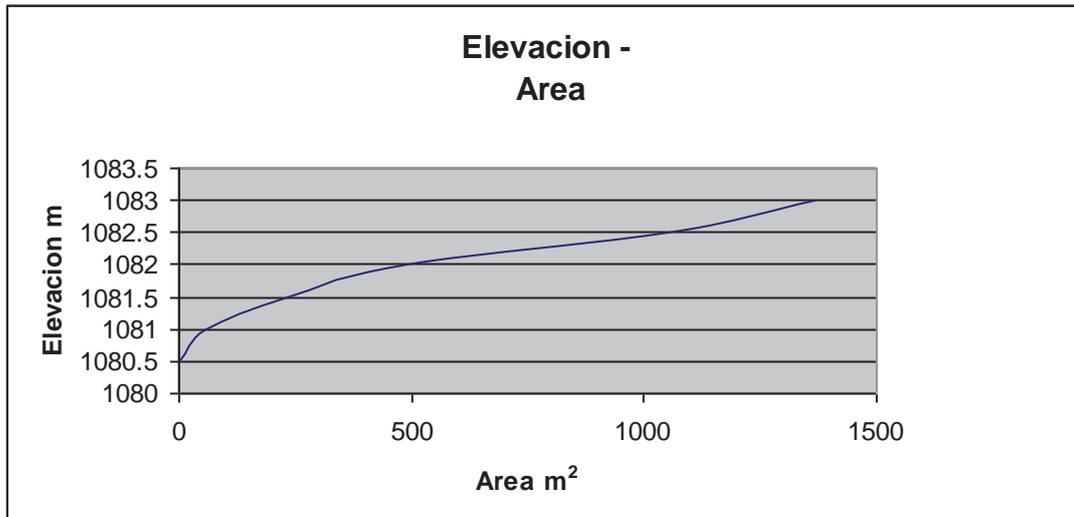


Figura 42: Grafica Elevación – Área, represa No.2



COTA BASE = 1080.5 m
ELEVACION CORONA = 1082.89 m

Curvas Elevación - Volumen 0+500

Elevacion m	Volumen m ³
1080.5	0
1081	27.50495
1081.5	142.4577
1082	390.3673
1082.5	919.83225
1083	1605.65055

Tabla 27: Datos Elevación – Volumen, represa No.2

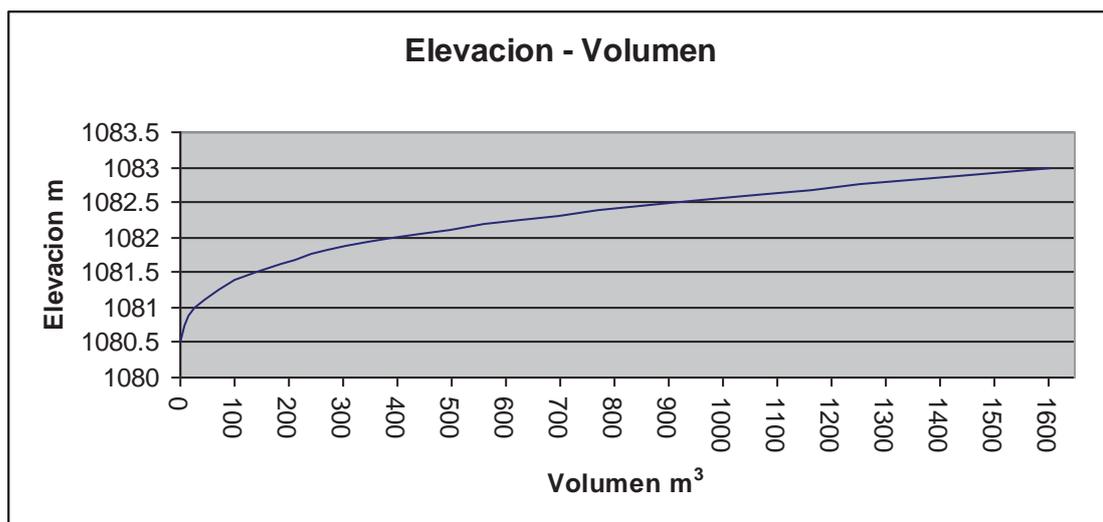


Figura 43: Grafica Elevación – Volumen, represa No.2



PRESA DE REGULACIÓN 3 UBICADA EN EL CADENAMIENTO 0+400 DEL RIO CHIQUITO

COTA BASE = 1083.12 m
ELEVACION CORONA = 1085.97 m

Curvas Elevación - Área 0+400

Elevacion m	Area m ²
1083.12	0
1084	145.98
1084.5	201.92
1085	761.37
1085.5	868.14
1086	986.31

Tabla 28: Datos Elevación – Área, represa No.3

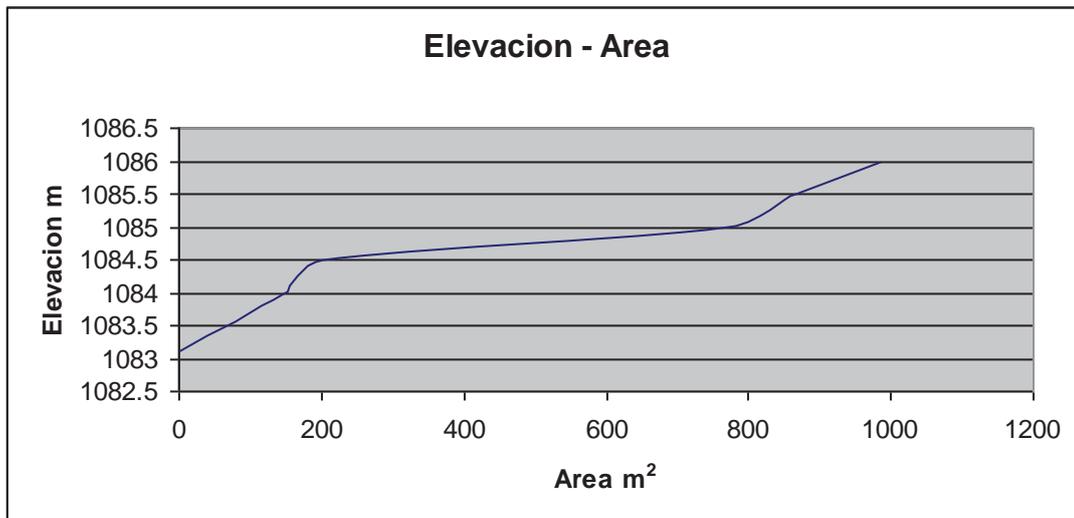


Figura 44: Grafica Elevación – Área, represa No.3



COTA BASE = 1083.12
ELEVACION CORONA = 1085.97

Curvas Elevación - Volumen 0+400

Elevacion m	Volumen m ³
1083.12	0
1084	128.46
1084.5	229.42
1085	610.11
1085.5	1044.18
1086	1537.33

Tabla 69: Datos Elevación – Volumen, represa No.3

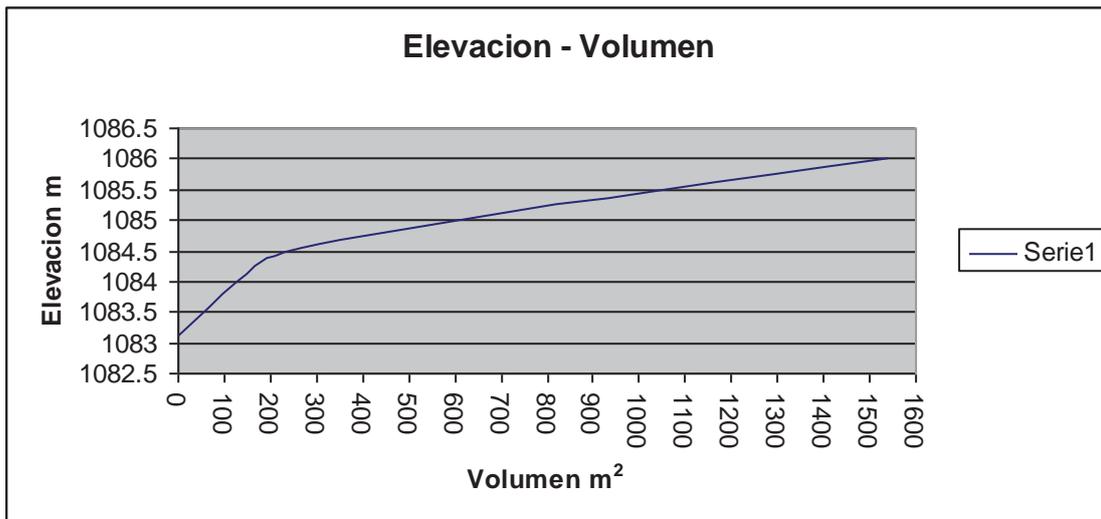


Figura 45: Grafica Elevación – Volumen, represa No.3



4.1.9 VOLUMEN TOTAL DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL EN LAS PRESAS (MÁXIMO EMBALSE).

Cabe señalar que al totalizar los volúmenes de almacenamiento máximo, correspondientes a los 3 embalses a plena capacidad, en cada uno de los sitios propuestos, resulta del orden de 4644.0387 m³. El volumen del hidrograma para periodos de retorno de 100 y 500 años resulta hasta del 200% y 400% respectivamente mayor que el volumen de almacenamiento temporal.



4.1.10 CONCLUSIONES.

En atención a los resultados obtenidos durante la conformación del trabajo titulado **“DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PROTECCION CONTRA INUNDACIONES DEL SISTEMA FLUVIAL DEL MUNICIPIO DE COALCOMAN, MICHOACAN”**; se pueden establecer las siguientes Conclusiones:

1. De acuerdo con los resultados obtenidos de la revisión de imágenes de satélite, topográficas, aéreas y recorridos de campo, el río Chiquito se define y comporta como una corriente fluvial irregular permanente, con cambios abruptos a lo largo de su desarrollo y escorrentía.
2. Acorde con la revisión de los estudios Hidrológicos disponibles, en el Río Chiquito se presentan avenidas máximas intempestivas, en forma recurrente, generadas por las abruptas condiciones topográficas que prevalecen en su subcuenca.
3. Mediante la construcción de tres Presas pequeñas, en los sitios cuyos cadenamientos son 0+600, 0+500 y 0+400 del río Chiquito, será posible mitigar los efectos que provocan las máximas avenidas.
4. La capacidad de descarga del Vertedor, en cada una de las Presas de Regulación, considera caudales máximos del orden de $10 \text{ m}^3/\text{s}$.
5. La capacidad de descarga de la Escotadura en cada una de las Presas es del orden de $10 \text{ m}^3/\text{s}$.
6. El caudal descargado por el vertedor y la escotadura es el máximo que puede soportar el río Chiquito sin que ocurran desbordamientos.
8. Es posible almacenar temporalmente los volúmenes de las avenidas para hidrogramas con períodos de retorno de 500 años, mediante tres presas pequeñas de sección compuesta.



4.1.11 RECOMENDACIONES.

Como resultado de las actividades realizadas, es posible establecer las siguientes Recomendaciones generales:

1. Resulta conveniente atender a las condiciones de diseño de las represas de regulación de avenidas propuestas, acorde con lo señalado en los planos.
2. Se recomienda implementar programas de inspección y mantenimiento preventivo, una vez que se encuentren en operación las represas de regulación, consistente en retiro de objetos y materiales que pudieran obstruir los elementos de paso y descarga, así como la programación de campañas periódicas de desazolve de materiales extraños y sedimentos, en las zonas de embalse particularmente en las áreas próximas a cada cortina. Lo anterior, permitirá aprovechar períodos de operación más prolongados y de mayor eficiencia hidráulica.
2. Se hace altamente recomendable, programar la ejecución de las obras que se proponen y especifican, fundamentalmente durante los períodos de estiaje, lo que redundará en avances significativos de las obras y en consecuencia, en una considerable disminución de costos y eventuales sobrepagos que pudieran complicar y eventualmente, imposibilitar la ejecución de los trabajos.
3. Si bien se propone la construcción de tres represas, estas podrán llevarse a cabo en etapas iniciando con la construcción de una y verificando su comportamiento al paso de las crecientes y avenidas. Para así considerar la programación de las restantes
4. Se deberán llevar a cabo trabajos de acondicionamiento de caminos de acceso a los sitios de emplazamiento de represas.
5. La condición potencialmente de riesgo, respecto del comportamiento hidráulico del Río Chiquito, por efecto de inundaciones a la zona urbana, se verá notoriamente favorecida con la implementación y puesta en marcha de las acciones que lleven a la construcción y operación de las 3 (tres) represas de regulación propuestas.
6. Se deberá establecer un esquema riguroso de supervisión interna y externa permanente. Durante los períodos de construcción y puesta en operación de las obras de regulación (REPRESAS).Lo anterior, permitirá agilizar y efficientar, técnica y económicamente los trabajos, mismos que eventualmente requerirán dictaminar y aplicar soluciones particulares a problemas específicos de obra.



4.2 PROYECTO PARA EL CONTROL DE AVENIDAS MEDIANTE LAGUNAS DE INUNDACION EN EL RIO GRANDE DEL POBLADO DE COALCOMAN

4.2.1 DESCRIPCION DEL PROYECTO

La problemática de inundaciones en el sistema fluvial del poblado de Coalcomán, se presenta con mayor frecuencia por el desbordamiento del río Chiquito a su paso por dicha población. En el río Grande se han realizado algunas actuaciones como es la protección y sobrelevación de la margen derecha mediante gaviones y bordos longitudinales, esto ha permitido proteger los asentamientos localizados aguas arriba de la desembocadura del río Chiquito. Sin embargo, no ha repercutido de manera favorable en el comportamiento del sistema fluvial en su conjunto.

Una de las razones por las que el río Chiquito no desaloja de forma rápida los escurrimientos es debida a su forma en planta y a los remansos que le condiciona el flujo de avenidas en el río Grande. Es por eso que se pretende controlar el flujo aguas arriba de la confluencia con la finalidad de que ante eventuales gastos pico en el río Grande se eviten elevaciones de la superficie libre del agua en el río Grande que disminuyan los remansos hacia el río Chiquito y se eviten desbordamientos del río Grande hacia aguas abajo de la descarga de aquel río, lo que provocaría inundaciones a los asentamientos que allí se localicen.

Para cumplir con lo antes citado se puede considerar que el desvío temporal de los escurrimientos de las avenidas del río Grande es la adecuada. Así se pretende derivar dichos escurrimiento hacia un almacenamiento temporal localizado en la margen izquierda del río Grande aguas arriba de la mencionada confluencia.

Para desviar esos volúmenes de agua, hacia el almacenamiento lo adecuado es hacerlo mediante un canal. Sin embargo las condiciones topográficas de la zona no lo permiten, otra opción es la construcción de una estación de bombeo, conocida como cárcamo. Sin embargo esta opción resulta poco factible dado los costos energéticos entre otros factores limitantes.

Los trabajos que aquí se reportan corresponden a la realización de una laguna de almacenamiento mediante la construcción de bordos y una represa que derivará de los escurrimientos pico de las avenidas a través de un vertedor lateral localizado en uno de los bordos.

El volumen que habrá que derivar depende entonces del periodo de retorno. En el presente estudio se elige un periodo de retorno de 100 años, con lo que el volumen de escurrimiento que habrá que almacenar es de 22241.6 m^3 .

Siendo la capacidad hidráulica del cauce del río Grande sin que ocurran desbordamientos de $70 \text{ m}^3/\text{s}$ y el volumen de almacenamiento de $89,879.97 \text{ m}^3$, el sitio donde se pudiera emplazar la laguna es ahora localizado.



4.2.2 SITIO DE EMPLAZAMIENTO DE LA LAGUNA DE INUNDACION

Este lugar se encuentra a dos kilómetros aproximadamente de la confluencia del Río Grande con el Río Apamila, es una zona relativamente plana y de gran extensión, la cual al este esta limitada por el río Grande y al oeste se encuentra delimitada por un cerro lo cual es de gran relevancia debido a que gracias a esto es mucho mas fácil tanto constructivamente como económicamente llevar a cabo la construcción de esta laguna de inundación.

En cuanto al estado de pertenencia del terreno habrá que negociar con el dueño la compra del predio.

Para la construcción de la represa se eligió una sección cuyo cadenamamiento es el 1+600 km. del río Grande partiendo este cadenamamiento de aguas arriba hacia aguas abajo del Río Grande.

En esta sección la represa presenta las siguientes características, una altura aproximada de 4.5 m, y una longitud de 42.17m.

La localización de esta zona se puede observar en la siguiente figura:

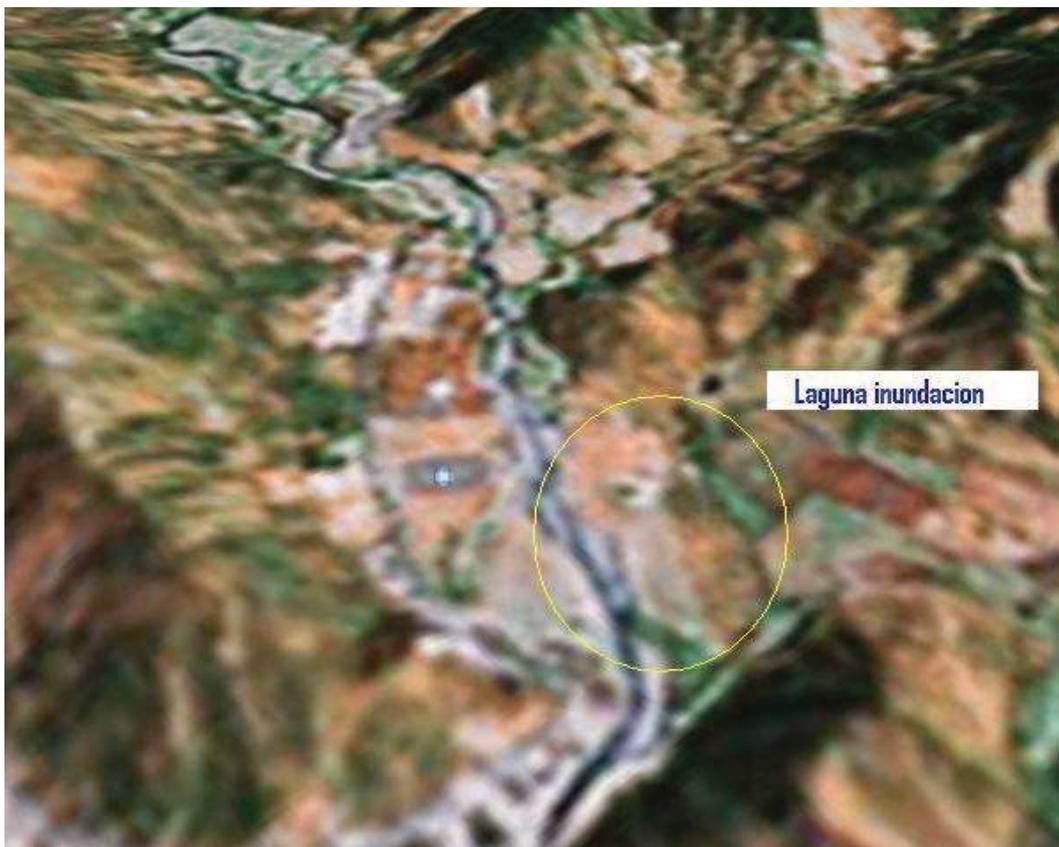


Figura 46: Localización de la laguna de inundacion



El embalse de agua de la laguna de regulación estará contenido por un terraplén que servirá como represa por periodos muy cortos, ya que operará exclusivamente en la época de lluvias, teniendo un tiempo de almacenamiento máximo de un día.

Las secciones de los bordos consideran la corona del terraplén con ancho de 2.5 m. y una altura máxima en la corona, de 3.00 m.

4.2.3 OBJETIVOS Y ALCANCES

La finalidad de los trabajos que aquí se reportan consiste en resolver o disminuir el problema de inundaciones por desbordamiento que presenta el sistema fluvial en el poblado de Coalcomán mayormente en el río Chiquito a su paso por el poblado de Coalcomán. Dicho desbordamiento tiene su origen en la disminución de la capacidad hidráulica del cauce provocada de forma natural o bien derivada de las actividades antropogénicas del lugar. Así cómo de los remansos que se presentan por las avenidas pico en el río Grande.

Estos trabajos han sido derivados de las valoraciones de campo y de gabinete, mediante análisis e interpretación de resultados. Se ha revisado y considerado el comportamiento espacial de los picos de las avenidas (Q) que escurren por el río Grande para periodos de retorno (Tr) de 20 años y hasta 500 años.

Con la ayuda del software denominado HECRAS previamente calibrado y validado se ha podido realizar el funcionamiento hidráulico de todo el sistema fluvial, con lo que se han podido localizar los sitios de desbordamiento y la capacidad de conducción de los ríos que forman el sistema sin que ocurra desbordamiento.

Así se ha podido conformar un proyecto ejecutivo consistente de una (1), presa pequeña de derivación y una laguna para el almacenamiento temporal localizada en una sección del cauce del río Grande aguas arriba de la descarga del Río Chiquito y del Río Apamila. Con lo que se pretende controlar los picos de las crecientes del río Grande.

4.2.4 METODOLOGIA GENERAL DEL TRABAJO

El área de estudio se localiza sobre la porción Norte del poblado de Coalcoman, con la información técnica disponible, respecto de la zona de estudio como base de acción, se programaron, previa revaloración de gabinete, campañas y recorridos de reconocimiento y verificación Geológica, Hidrogeológica y Geotécnica; lo anterior, considerando el perímetro y las inmediaciones de Cauce del Río Grande.

Tales actividades se llevaron a cabo con atención especial en aspectos vinculados con las áreas de Hidrológica Superficial y Subterránea, Topografía y Mecánica de Suelos.

Cabe resaltar que con objeto de reforzar la investigación y para fortalecer los trabajos de análisis e interpretación de la información Geológica, Hidrológica e Hidrogeológica de los cuerpos de agua que habrán de formarse con la construcción de la Laguna de inundación, se consultó la información disponible del área de estudio, tanto bibliográfica y cartográfica, como de imágenes y fotografías aéreas.



Las actividades antes referidas, permitieron conformar y consolidar la interpretación general de los procesos geológicos, geomorfológicos hidrológicos y edafológicos que ocurren en el área de proyecto; adicionalmente ha sido posible verificarlos mediante validación de campo.

Con el propósito de determinar las características y condiciones del eventual emplazamiento de la Laguna de inundación así como la cortina y la presa de regulación en sitios razonablemente aptos desde una visión geotécnica y teniendo como objetivo, el conocer y evaluar las condicionantes y eventuales limitantes de las cimentaciones de tales estructuras reguladoras, se programó la ejecución de actividades de prospección integral de campo. Las actividades referidas atendieron en principio, aspectos tales como las condiciones hidrológicas e hidrográficas respecto del trazo en el cauce del Río Grande, para en una fase posterior revisar, valorar y evaluar las condiciones Geológicas y de Mecánica de Suelos, tanto del lecho como de las márgenes y taludes del río; considerando su composición, propiedades índices y aspectos generales del suelo y subsuelo.

4.2.5 CALCULO DE ESTABILIDAD DE TALUDES

METODO DE LAS DOVELAS

Para calcular la estabilidad de los taludes en suelos cuya resistencia depende del esfuerzo normal, es necesario calcular el esfuerzo normal efectivo a lo largo de la superficie de falla. No se dispone de una solución rigurosa para los esfuerzos normales, pero el método de las dovelas, desarrollado por Fellenius, ha comprobado que es suficientemente aproximado para estos cálculos.

La zona de falla se divide en rebanadas verticales como se muestra en la figura (Fig. No. 47); no es necesario que todas tengan el mismo ancho y para facilitar los cálculos se hace que sus límites coincidan con las intersecciones de la circunferencia con los estratos de suelo por abajo y con el paramento del talud por arriba. Al hacer el análisis se considera que cada rebanada actúa independientemente de las colindantes: no se desarrolla esfuerzo cortante entre ellas y las presiones normales en cada lado de la dovela producidas por las colindantes son iguales.

La fuerza vertical que actúa en cada rebanada, W , incluye el peso de la masa de suelo más el del agua directamente arriba de ella; también incluye el peso de cualquier carga externa; como una estructura.

Con este criterio se llevo acabo el cálculo de la estabilidad de taludes, para los bordos que forman la laguna de inundación. Para conocer si el talud analizado es estable se requiere calcular el llamado factor de seguridad, el cual es un indicador que relaciona las fuerzas mencionadas anteriormente.

Así el factor de seguridad se obtiene trazando distintos círculos de falla que cortan el cuerpo del bordo y se obtiene su magnitud con la expresión siguiente:



$$FS = \frac{\sum T g \phi \int \left(\frac{dN}{dx} - U p \frac{dl}{dx} - \lambda \frac{dT}{dx} \right) dx + E_{aN} T g \phi + c \int dl}{\int \frac{dT}{dx} dx + E_{aT} + \lambda \int \frac{dN}{dx} dx}$$

DONDE:

\emptyset Es el Angulo de reposo del material que compone el cuerpo del bordo.

c Es la cohesión del material (F/L^2).

Λ Es el coeficiente sísmico de la zona.

E_{An} Es la componente normal del empuje del agua (F)

E_{aT} Es la componente tangencial del empuje del agua (F)

Up Es la presión de poro (mca.)

dN Es la componente normal del peso de la columna de material.

dT Es la componente tangencial del peso de la columna de material.

F.S. Es el factor de seguridad asociado al círculo de falla analizado.

Si el factor de seguridad calculado resulta ser mayor que 1.5 se considera que el talud es estable.

Los trabajos que aquí se reportan de acuerdo con el criterio indicado consideran un coeficiente sísmico de 0.48, valor correspondiente a la zona “D” según el manual de construcciones del estado de Michoacán. Y que en ocasiones no se considera en bordos con alturas pequeñas, en nuestro caso dado la topografía del lugar se tiene un rango de alturas entre 1.0m y 3.0m.

El cálculo del factor de seguridad por ejemplo para un bordo con altura máxima de 3.0m se realizo según el círculo de falla mostrado en la siguiente figura

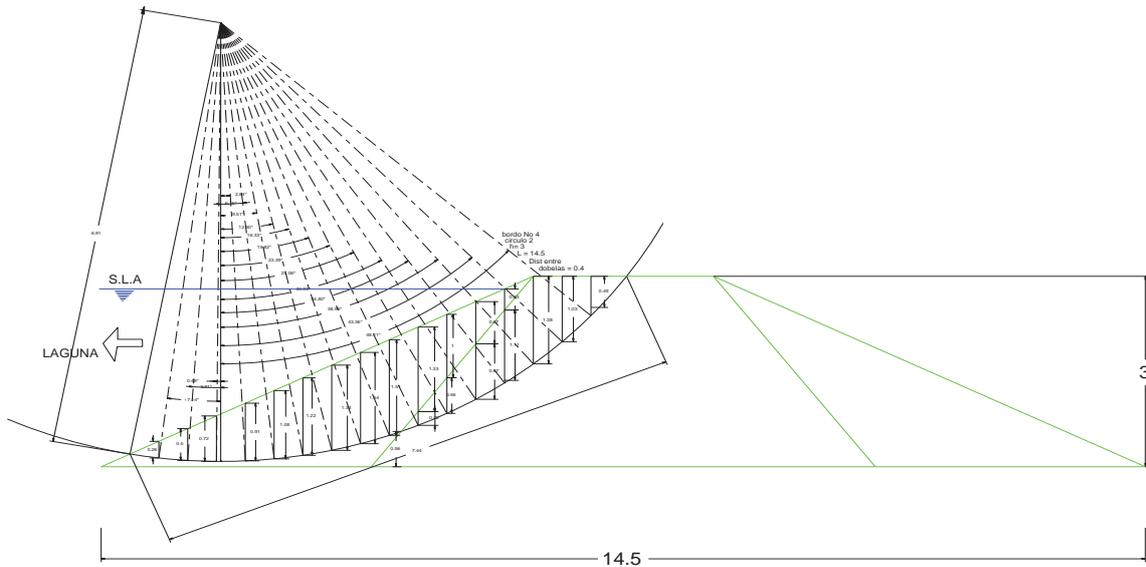


Figura 47: Zona de falla en los taludes

Con las características mostradas en la figura anterior y con ayuda de una hoja de calculo, la cual se anexa a este trabajo, se obtiene el factor de seguridad que en este caso resulto ser 1.422 con condiciones de laguna vacía y de 2.72 en condiciones de laguna llena. Estos valores se obtuvieron considerando el peso especifico del material en los respaldos de 1.6 Ton / m³ y de 1.8 Ton / m³ para el núcleo impermeable en condición saturada, en tanto que el ángulo de reposo en los respaldos de 30 y 0 grados en el núcleo impermeable y de la cohesión 3 valores usados con frecuencia para el análisis de estabilidad. Por lo que deberá de considerar estos valores como mínimos.

En el cálculo del factor de seguridad no se tuvo en cuenta la subprecion en condiciones finales ya que no se trata de almacenamientos permanentes como sucede en presas de almacenamiento.

Si bien el factor de seguridad nos da por debajo de 1.5 se puede considerar como próximo a este valor y arriba de la unidad. Siendo un bordo de altura pequeña se acepta.

4.2.6 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

El bordo de tierra de las lagunas es muy similar en su forma de funcionamiento al de un malecón, ya que su talud aguas arriba estará sumergido durante periodos muy cortos. Lo anterior implica que el talud aguas arriba estará expuesto a la intemperie en época de estiaje.

El bordo se diseñó para que la parte interna o núcleo del mismo sea construida con arcilla compactada en capas de 15 cm. Y con un talud 1: 0.75, para de esta forma se pueda lograr la mejor operación del mismo y así evitar agrietamientos del bordo, así como para evitar posibles fallas por sismo.



En la parte exterior del bordo se propone un enrocamiento con talud 1: 2 para la protección del núcleo de arcilla. Lo cual se debe respetar para así lograr el mejor funcionamiento de los bordos.

4.2.7 PROTECCION DE LA CORONA DEL BORDO

La corona de los bordos no esta diseñada para el transito de los vehículos, solo podrán transitar personas y animales. Por tal motivo dicha corona habrá de protegerse mediante el uso de pasto o en el mejor de los casos con una capa de material suelto como la arena y grava de tamaño fino.

En cuanto a los taludes en ambos lados del núcleo de arcilla se colocara enrocamientos, con ello se evitara el deterioro del núcleo por intemperismo y erosiones que eventualmente se originaran por el agua.

4.2.8 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

Con base en la información topográfica recopilada en este trabajo, se han propuesto las poligonales del eje de los bordos, de manera que la altura de los terraplenes varía desde 1.00 m a 3.00, por lo que todos los bordos a construir están divididos en secciones las cuales cuentan con el diseño del bordo a utilizarse en cada sección, no importando la variación de alturas entre la sección misma.

Al inicio de la construcción de los bordos, se deberán realizar levantamientos topográficos planimétricos y altimétricos, en base a los cuales se haga el sembrado de los bordos, cuya geometría de proyecto será muy cercana a la de construcción, verificando la volumetría de los almacenamientos y las cantidades de obra con el objeto de ratificar los obtenidos en el presente trabajo, o en su caso modificarlos.

4.2.8.1 TRABAJOS PRELIMINARES

1. Una brigada topográfica trazará y nivelará en campo la poligonal formada por el eje de la corona del bordo, referenciando todos sus vértices denominados puntos de intersección (PI) a objetos o estacas que queden fuera de la franja por excavar, para la posterior reposición de dichos PI en campo.
2. A partir de las tangentes de la poligonal trazada, la brigada topográfica trazará en campo el ancho del cajón por excavar, el cual dependerá de la sección escogida (corona de 2.5m) y de la altura que tenga el bordo a lo largo de su desarrollo. Ese ancho se puede determinar gráficamente en los cortes escala que se encuentran en los planos correspondientes a cada bordo.



3. La franja por excavar será marcada en campo con estacas y pintura de cal (u otro método equivalente) y referenciada, para su fácil reposición posterior.
4. Se hará el despalme de la franja así definida, eliminando plantas, material suelto y rellenos de basura y cascajo.
5. Una vez terminado el despalme, se harán los ajustes para definir nuevamente el trazo del cajón de cimentación, incluyendo sus referencias para su posterior relocalización.
6. En caso de haberse hecho cortes significativos durante el despalme, deberá renivelarse la poligonal para conocer las nuevas alturas del bordo a lo largo del desarrollo de esos cortes significativos.
7. Con la información topográfica así obtenida podrán determinarse las alturas y secciones del bordo a lo largo de la poligonal y de ahí todos los volúmenes de obra por ejecutar: excavación del cajón de cimentación, relleno compactado del cajón, terraplén compactado, enrocamiento, filtro, geotextil, base, sub.-base y carpeta.
8. Si durante las excavaciones se encuentran anomalías o estratos distintos a los considerados, se deberá dar aviso inmediatamente al responsable de obra para su valoración en el diseño del bordo.

4.2.8.2 CAJON DE CIMENTACION

1. Se excavará el cajón de cimentación, con una profundidad de 60 cm., medida a partir del terreno despalmado.
2. El fondo de la excavación deberá ser horizontal en el sentido transversal al eje del bordo, formando así la plataforma de desplante.
3. La excavación deberá ser hecha fuera de las temporadas de lluvias de la región. Si durante la excavación se prevé que sea necesario, se preparará el sistema de achique del agua para trabajar siempre en seco.
4. Una brigada topográfica será la responsable de llevar el control del trazo y niveles de desplante de las plataformas.
5. La supervisión se asegurará que no se presenten acumulaciones de agua o encharcamientos en el fondo de la caja para alojar la cimentación.
6. Se colocará material de banco, en capas de 15 cm. de material suelto, debiéndose compactar como mínimo al 95 % de su peso volumétrico seco máximo (PVSM) y con su contenido de agua óptimo. Se deberán eliminar gravas, en caso de presentarse.



7. Para el control de calidad se deberán realizar pruebas proctor por cada 1000 a 2000 m³ de material acarreado (en función a la uniformidad que se vaya detectando) o cada vez que se encuentre alguna diferencia en el material del banco. Lo anterior es indispensable ya que por lo general los estratos explotados no son homogéneos. No se aceptará ninguna capa que tenga una compactación menor al 95 % de su PVSM.
8. La responsabilidad de lograr la compactación mínima requerida es del constructor. A manera de sugerencia, podrá compactarse con un rodillo pata de cabra que proporcione una energía específica mínima.
9. Para garantizar la perfecta unión entre las diferentes capas compactadas, cada una de ellas se deberá escarificar en el orden de uno a dos centímetros de espesor superficial antes de colocar y compactarse la siguiente capa.
10. Es fundamental contar con una empresa de supervisión experimentada, que sea la responsable de llevar el control de calidad de las compactaciones, para asegurar que se cumpla con las especificaciones que se indican.
11. La supervisión vigilará el debido cumplimiento del proceso constructivo y que las pruebas de la compactación cumplan con el valor mínimo requerido.

4.2.8.3 TERRAPLEN DEL BORDO

1. Una vez terminado un tramo del cajón de cimentación, se construirá sobre él el terraplén del bordo del embalse, siguiendo rigurosamente el procedimiento ya descrito para el cajón de cimentación.
2. El terraplén se construirá con un sobre-ancho de 40 cm. en ambos lados. Al finalizar la compactación completa del bordo, se retirará a mano el material semisuelto del sobreebanco, afinando a mano el talud a la línea de proyecto.
3. Deberá darse continuidad en la construcción del bordo a lo largo de la poligonal, evitando “juntas” verticales o de poca inclinación entre tramos contiguos. Las juntas deberán ser escalonadas, abarcando en su traslape del orden de 20 m o más.
4. Si por algún motivo durante el proceso de construcción del terraplén resulta prácticamente imposible satisfacer las normas de calidad establecidas en su diseño aquí descrito, se deberá dar aviso para revisar las causas y/o el posible cambio en las propiedades mecánicas del bordo y determinar si no afectarán su estabilidad y buen funcionamiento, o la solución que en su momento deba darse.
5. El enrocamiento se colocará a mano, evitando que quede empacado en material fino. La función del enrocamiento es darle estabilidad al talud aguas arriba y abajo del terraplén del bordo cuando se presenta la condición de vaciado rápido y protegerlo del intemperismo. (Erosión, deslave). No se utilizarán rocas blandas que puedan intemperizarse fácilmente.



6. Sobre la corona de 2.5 m de ancho deberá ponerse una capa de pasto o de arena y grava fina para que de esta forma este protegida contra el intemperismo.

4.2.9 COMENTARIOS GENERALES

1. Deberá impedirse que el nivel del embalse desborde por la corona, por lo que se deberá llevar un manejo muy estricto del volumen de almacenamiento, así como dar las instrucciones precisas a los responsables de la laguna, para evitar ese desborde.
2. Varias semanas antes de que inicie la temporada anual de lluvias, deberá realizarse un recorrido por los bordos buscando agrietamientos en el terraplén o en el fondo del embalse seco (cerca del bordo), u otra manifestación que pudiera indicar algún tipo de riesgo en su estabilidad
3. Es indispensable que al finalizar la laguna de regulación, se coloquen referencias en la corona del terraplén y se haga el levantamiento en planta y en nivel, para llevar un monitoreo de:
 - a) Los asentamientos que se produzcan con el transcurso del tiempo.
 - b) Los desplazamientos horizontales que puedan presentarse por el empuje del agua.

El banco de nivel será el mismo para las represas de regulación propuestas sobre el Río Chiquito. Se realizará una nivelación anual en la época de estiaje y los resultados obtenidos se llevarán en forma gráfica para detectar anomalías en el comportamiento de las lagunas.



4.2.10 CONCLUSIONES

1. En el predio elegido para la construcción de la laguna de inundación será necesario llevar a cabo la construcción de una presa de regularización la cual servirá para elevar el nivel del caudal que circula por el Río Grande para de esta forma poder llevar a cabo el vertido del agua sobre esta laguna.
2. las características de la represa de regularización para esta laguna se enunciaran a continuación, cabe mencionar que esta represa se diseño con los mismos lineamientos que fueron diseñadas las presas de regularización del Río chiquito(véase hoja de calculo anexa a este trabajo)

PRESA DE REGULACIÓN PARA LA LAGUNA DE INUNDACION.

Ubicación con base en Levantamiento Topográfico: Cadenamiento 1+600KM

Coordenadas Geográficas: 695108.0899, 2078030.3375

Tipo de Cortina: Mixta

Altura total de diseño de Cortina: 5.40 m

Combinación de Cortinas: Retención

Longitud total de Cortina: 57.98 m

Longitud de Cortina de Retención (SC): 57.98 m

Longitud de Escotadura: 10 m

Abertura Máxima de Escotadura: 0.90 m

Descarga de diseño con Vertedor por Cresta de Cimacio: 262 m³/s.

Descarga por Compuerta (Escotadura): 70 m³/s.



3. Se realizo el diseño de cuatro bordos perimetrales dentro de la laguna de inundación, los cuales servirán para que no exista ningún desbordamiento del caudal que se verterá desde el Rió Grande hacia la misma laguna, las características de los bordos se enlistaran a continuación:

BORDO NO 1

Localización: Este bordo se encuentra sobre la margen izquierda de la sección 1+350 Km. del Rió Grande, comenzando el cadenamamiento de aguas arriba del Rió hacia aguas abajo del mismo.

Uso del bordo No 1: Este bordo será utilizado para la parte superior de la laguna para impedir el paso del caudal, además es el inicio del vertedor.

Dimensiones del bordo: Este bordo tendrá una longitud de 96.21 m el cual comenzara en el punto mas alto del hombro del Rió Grande ubicado en la margen izquierda del mismo, hasta alcanzar la elevación 1022 m. del terreno natural.

Cabe mencionar que este bordo esta dividido en tres secciones cada una con una elevación de bordo de 1m, 1.3m y 1.3m respectivamente, para las cuales existe un dimensionamiento de bordo exclusivo para cada sección. (Verificar el plano LA – RG – 3).

BORDO NO 2

Localización: Este bordo se encuentra a dos metros de forma paralela a la margen derecha del bordo del rió Grande, el cual comprende desde el cadenamamiento 1+450 Km. al cadenamamiento 1+600 Km. del mismo, comenzando el cadenamamiento de aguas arriba hacia aguas abajo del rió.

Uso del bordo No 2: Este bordo será utilizado para impedir el paso del caudal del rió Grande hacia la margen derecha del mismo Rió en cuestión, ya que en esta parte del rió no alcanza el terreno natural a cubrir la cota 1022 por lo que fue necesario su diseño, para que de esta forma se eleve el nivel del agua y se pueda verter sobre la propia laguna.

Dimensiones del bordo: Este bordo tendrá una longitud de 160.51 metros la cual comenzara un poco antes del cadenamamiento 1+450 Km. del rió Grande en la parte de la margen derecha del mismo, en donde se encuentre la cota 1022 del terreno natural, y llegara hasta el cadenamamiento 1+600 Km. del rió Grande, en donde se unirá con la represa.

Cabe mencionar que este bordo esta dividido en tres secciones cada una con una elevación de bordo de 1m, 0.8 m y 0.5 m respectivamente, para las cuales existe un dimensionamiento de bordo exclusivo para cada sección. (Verificar el plano LA – RG – 4).



BORDO NO 3

Localización: Este bordo se encuentra sobre la margen izquierda a dos metros de forma paralela a el bordo del río Grande, el cual comprende desde el cadenamiento 1+600 Km. a la 1+850 Km. del mismo, comenzando el cadenamiento de aguas arriba hacia aguas abajo del mismo.

Uso del bordo No 3: Este bordo será utilizado para impedir el paso del agua de la Laguna de inundación hacia el mismo río en cuestión, ya que en esta parte del río no alcanza el terreno natural a cubrir la cota 1021 por lo que fue necesario su diseño, para que de esta forma no exista algún desbordamiento hacia el mismo Río Grande.

Dimensiones del bordo: Este bordo tendrá una longitud de 250 metros la cual comenzara en el cadenamiento 1+600 Km. del río Grande en la parte de la margen izquierda del mismo, en donde se encuentra de igual forma la represa, y el cual llegara hasta el cadenamiento 1+850 del río Grande.

Cabe mencionar que este bordo esta dividido en cinco secciones cada una con una elevación de bordo de 1.6m, 2.9m, 2m, 2.2m 1.5m respectivamente, para las cuales existe un dimensionamiento de bordo exclusivo para cada sección. (Verificar el plano LA – RG – 5).

BORDO NO 4

Localización: Este bordo se encuentra sobre la margen izquierda de la sección 1+850 Km. del río Grande, comenzando el cadenamiento de aguas arriba del Río hacia aguas abajo del mismo.

Uso del bordo No 4: Este bordo será utilizado para la parte inferior de la laguna para impedir el paso del caudal.

Dimensiones del bordo: Este bordo tendrá una longitud de 275 metros la cual comenzara en el punto más alto del hombro del río Grande ubicado en la margen izquierda del mismo.

Cabe mencionar que este bordo esta dividido en tres secciones cada una con una elevación de bordo de 1.75m, 3m y 2.3m respectivamente, para las cuales existe un dimensionamiento de bordo exclusivo para cada sección. (Verificar el plano LA – RG – 6).



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



4. Además se realizó el diseño de un vertedor tipo Creager el cual servirá para que se pueda verter el caudal del río Grande hacia la laguna de inundación, las características del vertedor se describirán a continuación:

Localización: Este vertedor se encuentra a en la margen izquierda sobre el hombro del río Grande el cual va desde la sección 1+600 hasta la sección 1+350 empezando el cadenamamiento de aguas arriba de hacia aguas abajo del río.

Uso del vertedor: Este vertedor será utilizado como su nombre lo indica para realizar el vertido de las avenidas del río Grande hacia la laguna de inundación.

Dimensiones del vertedor: Este vertedor tiene una longitud de 236 metros este vertedor va desde la sección 1+600 hasta la sección 1+350 empezando el cadenamamiento de aguas arriba hacia aguas abajo del río.

Cabe mencionar que este bordo está dividido en cinco secciones, para las cuales existe un dimensionamiento de vertedor exclusivo para cada sección. (Verificar el plano LA – RG – 7).

El cálculo del vertedor fue hecho para un gasto de $524 \text{ m}^3/\text{s}$. Equivalente a un gasto pico con un periodo de retorno de 100 años Lo cual nos arroja que el vertedor deberá de tener una longitud de entre 230 y 240 metros, estos cálculos se anexan en hojas de cálculo.



4.2.11 RECOMENDACIONES

1. Es recomendable realizar un nuevo levantamiento topográfico (altimétrico y planimetría) del predio, para contar con información de mayor precisión topográfica y actualizado en cuanto a las construcciones e invasiones que afectan directamente a las áreas donde se proyecta la construcción de la laguna.
2. Para el control de la compactación se recomienda que desde las primeras capas tendidas de cada tipo de material se efectúe un terraplén de prueba, para definir el número óptimo de pasadas que sean necesarias para alcanzar el grado de compactación recomendado, utilizando el equipo elegido.
3. Deberá impedirse que el nivel del embalse desborde por la corona.
4. Semanas antes de cada temporada anual de lluvias deberá hacerse una inspección visual de los bordos y del fondo del embalse vacío (cerca del bordo), para detectar agrietamientos o anomalías que pudieran poner en riesgo su estabilidad.
5. Se recomienda llevar a cabo un control de asentamientos y posibles desplazamientos horizontales mediante un sistema de referencias colocadas en la corona de los bordos.
6. Anualmente deberán hacerse los trabajos de desazolve, para conservar la capacidad de almacenamiento de proyecto y evitar asentamientos generalizados cerca de los bordos.



4.3 PROYECTO PARA EL CONTROL Y REGULARIZACION DE AVENIDAS MEDIANTE LA RECTIFICACION DE LA CONFLUENCIA, EN EL CRUCE DEL RIO APAMILA Y EL RIO GRANDE.

INTRODUCCION

La confluencia en el río Grande y el río Apamila, desemboca en un ángulo el cual no favorece el flujo en el río Grande, consecuentemente esto ocasiona un remanso en el río Apamila así como en el río Grande, el remanso de agua a su vez nos provoca desbordamiento aguas arriba de ambos cauces. Para tratar de aliviar de alguna manera esto, se presenta la rectificación del río Apamila a la entrada al río Grande, esto se hizo desplazando la desembocadura aguas abajo del río Grande. Se diseñó una sección tipo la cual tiene una geometría muy parecida a la sección anterior aguas arriba del río Apamila, así con las mismas características geométricas; todo ello para evitar cambios bruscos en el flujo que provocan socavación, cambios de régimen, etc.

OBJETIVO

El objetivo de la rectificación del río Apamila en la confluencia con el río Grande es mejorar el funcionamiento de cada uno de sus cauces, evitando así remanso aguas arriba, y a su vez mantener un régimen uniforme en el flujo.

Para lograr lo anterior se desplazó la confluencia del río Apamila en el río Grande, con esto se mejora el sentido del flujo en la confluencia del río Grande (donde se produce un encuentro de corrientes que se oponen), así el río Apamila desemboca con un ángulo a favor del sentido del flujo en el río Grande como lo ilustra la siguiente figura:

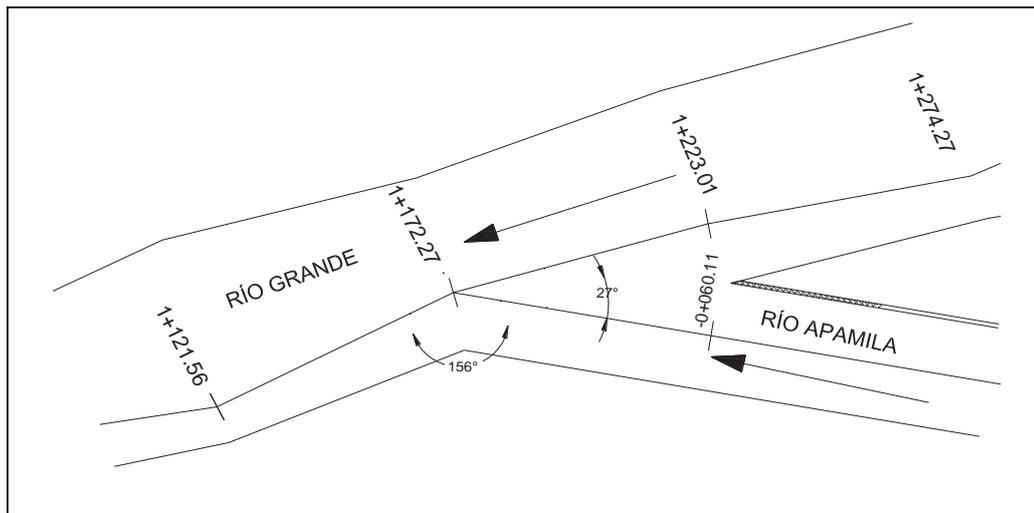


Figura 48: Confluencia del río Apamila con el río Grande



RECTIFICACION DE LA CONFLUENCIA DEL RIO APAMILA CON EL RIO GRANDE

DESCRIPCION DEL SITIO DE ESTUDIO

La rectificación del río Apamila se hizo al final del cauce del mismo, esto es en la estación 0+000 (ver plano de modelación PL-MOD), que es la sección al llegar al río Grande.

Para la construcción del nuevo cauce se diseñó las características geométricas de la sección tipo que van de la estación 0+093.73 a la estación -0+060.11 (este cadenamiento pertenece a el nuevo cauce y sigue el cadenamiento que se utilizó para la modelación hidráulica, ver plano DE-AP-1 y el plano de modelación PL-MOD), se puede observar, que la estación tiene un valor negativo, ya que al cambiar la confluencia aguas abajo su longitud creció y con el fin de no modificar el cadenamiento de modelación aguas arriba se generaron estaciones con referencias negativas.

CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Para el diseño de la sección tipo de la rectificación de la confluencia del río Apamila con el río Grande, se tomó en cuenta el área hidráulica de la sección 0+093.73 (cadenamiento de modelación), y siguiendo la geometría de esta misma sección, esto con el fin de que no existan cambios bruscos en el flujo.

Teniendo estos datos y el punto en el cual el eje del río Apamila va a intersectar al río Grande se obtiene el ángulo al que llegará el río Apamila el cual es igual a 26° y el cual se forma con el eje del río Grande aguas arriba de la intersección y un ángulo de 143° con el eje del río Grande aguas abajo de la intersección (ver planos topográficos). Con esto se pueden determinar las longitudes de cada una de las márgenes del canal el cual tiene dos secciones en las estaciones -0+060.11 y en la estación 0+000.54.

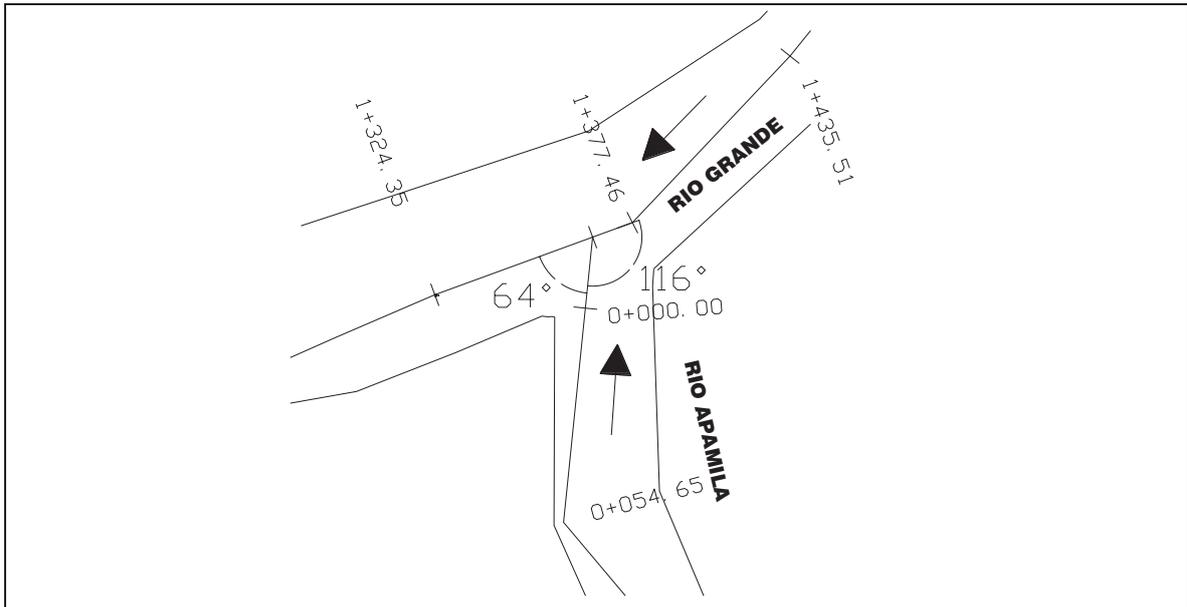


Figura 49: Confluencia del río Apamilla con el río Grande antes de la rectificación

En la siguiente figura se muestra la sección tipo y sus dimensiones:

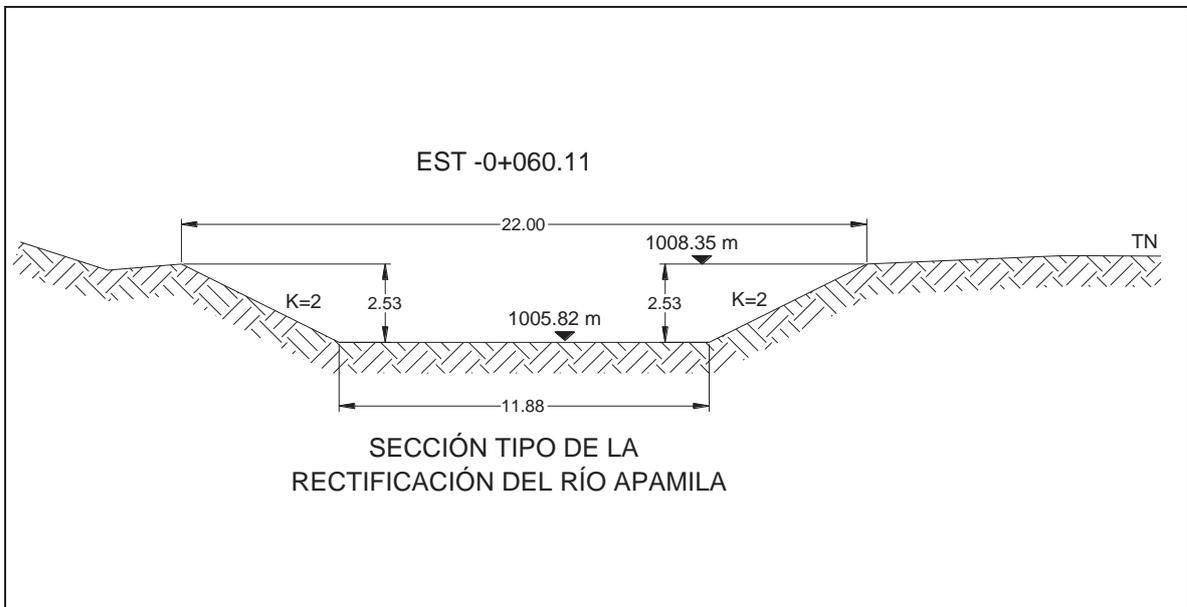


Figura 50: Sección tipo en el tramo rectificado

Para proteger el canal de la socavación se recubrirán las márgenes, en su caso de la estación -0+060.11 hasta la 0+093.71 (cadenamiento de modelación) en la margen derecha, y en la margen izquierda de la estación 0+100.23 a la 0+161.66 (ver plano de la rectificación DE-AP-1 y DE-AP-2)



GAVIONES

Se colocaran gaviones en la margen derecha del tramo diseñado en la confluencia del río Apamila, así como en la margen izquierda del puente donde inicia el canal esto hacia aguas arriba del puente. Esto es para proteger contra la socavación o erosión en las márgenes del canal y así mantenerse estables.

A continuación se indicaran las especificaciones con las que deben de contar los gaviones, así como el material con el que se construirán.

Las canastas metálicas estarán formadas por mallas de alambre galvanizado de calibre 12, tejida en triple torsión, con huecos hexagonales de apertura de 7.5 cm x 7.5 cm. Las dimensiones de las canastas serán de 1.2 m x 0.6 m x 0.3 m.

Cada canasta deberá ser armada en el sitio de instalación, estableciendo su forma prismática con uso de palancas o varillas. Durante la llenada con material pétreo se debe mantener esta forma, ya sea mediante tensores interiores o soportes laterales.

Cuando la canasta este llena, deberá ser cocida y anclada a las canastas adyacentes con alambre igual al usado en la malla, o de acero galvanizado en caliente con zinc puro, de calibre 13 (2.0 mm. de diámetro) y deberá soportar como mínimo una carga de rotura de 42 kgf/mm².

El material de relleno será de piedra braza o canto rodado partido, roca u otro material pétreo duro, que tenga un tamaño mínimo por lo menos de 3.0 cm. mayor que las aperturas de la malla y que su forma sea aproximadamente equidimensional. No se aceptaran fragmentos delgados, alargados, ni superficies completamente redondeadas, ni fragmentos blandos.

El material de relleno se colocara dentro de la canasta manualmente, de manera que las partículas de menor tamaño queden hacia el centro y las grandes junto a la malla, procurando evitar bordes cortantes de las piedras junto a la malla. Durante la colocación, se procurara que el material quede con la menor cantidad de vacíos. Si durante el llenado las canastas pierden su forma, se deberá retirar el material colocado, reparar y reforzar las canastas y volver a colocar el material de relleno.

El material empleado debe ser duro y resistente a los efectos del agua. Al someterlo al ensayo de abrasión en la maquina de los Ángeles no deberá de tener una perdida mayor del 15% en peso a 200 revoluciones y de 50% en peso a 1000 revoluciones para la gradación 1, de acuerdo con la norma ASTM C-535. Igualmente, al someterlo al ensayo de solidez en sulfato de sodio, no deberá de presentar una perdida en peso superior al 12%, después de cinco ciclos, de acuerdo con la norma ASTM C-88. Adicionalmente el material no deberá presentar una perdida en peso mayor del 5%, al ser sometido a 10 ciclos de humedecimiento en agua, y secado al horno a 110 ° c.



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



La piedra a emplearse en este relleno estará libre de material vegetal, tierra, etc. Toda piedra alterada por la acción de la intemperie o que se encuentre meteorizada, será rechazada.

La piedra empleada en el relleno de gaviones será de forma semiredondeada preferentemente, de tamaño uniforme y tendrá una densidad mínima de 2.5 gr/cm^3 .

En general, la disposición de las canastas de gaviones deberán ser tal, que el conjunto de estas forme una unidad de elementos trabados entre si.

El terreno de fundación sobre el cual se instalen los gaviones deberá nivelarse, suprimiéndose las depresiones y salientes.

CONCLUSIONES

1. Es necesario realizar la rectificación del cauce del río Apamila en la confluencia con el río Grande para de esta forma lograr el mejoramiento del funcionamiento del cauce de estos dos ríos, evitando así el remanso aguas arriba del río apamila y a su vez mantener un régimen uniforme en el flujo.
2. con la rectificación del cauce del río Apamila se mejora el sentido del flujo la confluencia del río Grande (donde se produce un encuentro de corrientes que se oponen), así el río Apamila desemboca con un ángulo a favor del sentido del flujo en el río Grande.
3. El ángulo al que llegara el río Apamila con el rio Grande será igual a 26° , el cual se forma con el eje del río Grande aguas arriba de la intersección y un ángulo de 143° con el eje del río Grande aguas debajo de la intersección (ver planos topográficos). Con esto se pueden determinar las longitudes de cada una de las márgenes del canal el cual tiene dos secciones en las estaciones -0+060.11 y en la estación 0+000.54.
4. Es necesario la construcción de obras de protección en la margen derecha del tramo diseñado en la confluencia del río Apamila, así como en la margen izquierda del puente donde inicia el canal esto hacia aguas arriba del puente. Esto es para evitar socavación o erosión en las márgenes del canal y así mantenerse estables. Las cuales se recomiendan que sean del tipo GAVION con las siguientes características:
 - Las canastas metálicas estarán formadas por mallas de alambre galvanizado de calibre 12, tejida en triple torsión, con huecos hexagonales de apertura de $7.5 \text{ cm} \times 7.5 \text{ cm}$. Las dimensiones de las canastas serán de $1.2 \text{ m} \times 0.6 \text{ m} \times 0.3 \text{ m}$.



5. CONCLUSIONES GENERALES DEL TRABAJO

En atención a los resultados obtenidos durante la conformación del trabajo titulado “DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PROTECCION CONTRA INUNDACIONES DEL SISTEMA FLUVIAL DEL MUNICIPIO DE COALCOMAN, MICHOACAN”; se pueden establecer las siguientes Conclusiones:

1. De acuerdo con los resultados obtenidos de la revisión de imágenes de satélite, topográficas, aéreas y recorridos de campo, el río Chiquito se define y comporta como una corriente fluvial irregular permanente, con cambios abruptos a lo largo de su desarrollo y escorrentía. Además de que presenta avenidas máximas intempestivas, en forma recurrente, generadas por las abruptas condiciones topográficas que prevalecen en su subcuenca.
2. Mediante la construcción de tres Presas pequeñas, en los sitios cuyos cadenamientos son 0+600, 0+500 y 0+400 del río Chiquito, será posible mitigar los efectos que provocan las avenidas para periodos de retorno de hasta 500 años.
3. Es posible almacenar temporalmente volúmenes de -----m³ equivalentes a hidrogramas con períodos de retorno de 500 años. y descargar por medio del vertedor y escotadura un volumen de 20 m³/s. correspondiente a un periodo e retorno de 20 años.
4. Las características geométricas de las cortinas de las presas son las siguientes:
 - Cortina de la presa del rio Chiquito con el cadenamiento 0+600
Altura de la cortina = 2.17 m.
Longitud total de la cortina = 29.75 m.
Longitud total del vertedor = 15 m.
 - Cortina de la presa del rio Chiquito con el cadenamiento 0+500
Altura de la cortina = 2.39 m.
Longitud total de la cortina = 28.53 m.
Longitud total del vertedor = 15 m.
 - Cortina de la presa del rio Chiquito con el cadenamiento 0+500
Altura de la cortina = 2.85 m.
Longitud total de la cortina = 20.55 m.
Longitud total del vertedor = 14.21 m.



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



5. La alguna de inundación tendrá capacidad para almacenar un volumen de $89,879.97 \text{ m}^3$ equivalente a un periodo de retorno de 500 años.
6. Con la rectificación del cauce del río Apamila se mejora el sentido del flujo la confluencia del río Grande (donde se produce un encuentro de corrientes que se oponen), así el río Apamila desemboca con un ángulo a favor del sentido del flujo en el río Grande, disminuyendo el remanso.
7. La laguna de inundación o almacenamiento temporal están formados por cuatro bordos cuya altura oscila entre los 0.5 m y 3 m., además las longitudes varían de entre los 96.21m. y los 275 m., cabe mencionar que el talud de la pate interna de los bordos o núcleo son de 1:0.75 y el correspondiente a la parte externa es de 1:2.
8. Las características geométricas de la cortina del la presa del rio Grande son las siguientes:
 - Altura total de la cortina = 5.40 m.
 - Longitud total de la laguna = 57.98 m.
9. Los volúmenes derivados hacia la laguna se hacen mediante un vertedor lateral en el bordo de la margen izquierda con una longitud de 236 m y una altura variable que va desde ----- hasta -----



6. RECOMENDACIONES GENERALES DEL TRABAJO

Como resultado de las actividades realizadas, es posible establecer las siguientes Recomendaciones generales:

1. Resulta conveniente atender a las condiciones de diseño de las represas de regulación de avenidas, y de la laguna de inundación propuestas, acorde con lo señalado en los planos.
2. Se recomienda implementar programas de inspección y mantenimiento preventivo, una vez que se encuentren en operación las estructuras de protección, consistente en retiro de objetos y materiales que pudieran obstruir los elementos de paso y descarga, así como la programación de campañas periódicas de desazolve de materiales extraños y sedimentos, en las zonas de embalse particularmente en las áreas próximas a cada cortina. Lo anterior, permitirá aprovechar periodos de operación más prolongados y de mayor eficiencia hidráulica.
3. Se hace altamente recomendable, programar la ejecución de las obras que se proponen y especifican, fundamentalmente durante los periodos de estiaje, lo que redundará en avances significativos de las obras y en consecuencia, en una considerable disminución de costos y eventuales sobrepagos que pudieran complicar y eventualmente, imposibilitar la ejecución de los trabajos.
4. Si bien se propone la construcción de tres represas, estas podrán llevarse a cabo en etapas iniciando con la construcción de una y verificando su comportamiento al paso de las crecientes y avenidas. Para así considerar la programación de las restantes.
5. Es recomendable realizar un nuevo levantamiento topográfico (altimétrico y planimétrico) del predio, previo a la ejecución de las obras para detectar cambios y hacer ajustes que correspondan.
6. Semanas antes de cada temporada anual de lluvias deberá hacerse una inspección visual de los bordos y del fondo del embalse vacío (cerca del bordo), para detectar agrietamientos o anomalías que pudieran poner en riesgo su estabilidad.
7. Se recomienda llevar a cabo un control de asentamientos y posibles desplazamientos horizontales mediante un sistema de referencias colocadas en la corona de los bordos.
8. Se deberá establecer un esquema riguroso de supervisión interna y externa permanente. Durante los periodos de construcción y puesta en operación de las obras de regulación (REPRESAS). Lo anterior, permitirá agilizar y eficientar, técnica y económicamente los trabajos, mismos que eventualmente requerirán dictaminar y aplicar soluciones particulares a problemas específicos de obra.



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



9. Es necesario la construcción de obras de protección en la margen derecha del tramo diseñado en la confluencia del río Apamila, así como en la margen izquierda del puente donde inicia el canal esto hacia aguas arriba del puente. Esto es para evitar socavación o erosión en las márgenes del canal y así mantenerse estables. Las cuales se recomiendan que sean del tipo GAVION.



7. BIBLIOGRAFIA

Andreu A, J; Rullana S, V.; Frances G, F. “PRESAS Y CONTROLES HIDROELECTRICAS” Editorial Servicio de publicaciones UPV.

Bensini M. “PRESAS DE TIERRA Y ENROCAMIENTO” Editorial Limusa.

Gomez Gonzales, E. “PRINCIPIOS DEL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PRESAS DE TIERRA” Editorial Secretaria de Recursos Hidraulicos.

Gobierno de Coalcomán.

<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/MICHOACAN/Municipios/Coalcoman/CoalcomanPlan01.pdf>

Novak, P.; Moffat, A. I. B.; Halluri, C. y Marayanan, R. “HIDRAULIC STRUCTURES” Editorial UNWIN HAYMAN.

Protland Cement Association. “PRESAS PEQUEÑAS DE CONCRETO” Editorial Limusa.

Sentürk F. “HIDRAULICS OF DOMS AND RESERVOIRS” Editorial Water Resources Publication.

Suarez Villar, L. M. “PRESAS DE CORRECION DE TORRENTES Y RETENCION DE SEDIMENTOS” Editorial Marnr.



8. ANEXOS

8.1 PLANOS CONSTRUCTIVOS DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PLANO	CLAVE	No. DE PLANO
RÍO CHIQUITO		
REPRESAS PLANTA FINAL	RE-CH-1	1/1
REPRESAS CORTES FINAL		
REPRESA No. 1	RE-CH-2	1/3
REPRESA No. 2	RE-CH-3	2/3
REPRESA No. 3	RE-CH-4	3/3
RÍO GRANDE		
LAGUNA PLANTA FINAL	LA-RG-1	1/7
LAGUNA CORTES FINAL		
REPRESA	LA-RG-2	2/7
BORDO No. 1	LA-RG-3	3/7
BORDO No. 2	LA-RG-4	4/7
BORDO No.3	LA-RG-5	5/7
BORDO No. 4	LA-RG-6	6/7
VERTEDOR	LA-RG-7	7/7
Detalles Compuertas	DE-COMP	1/1
CONFLUENCIA		
DESVIACION CONFLUENCIA PLANTA	DE-AP-1	1/2
DESVIACION CONFLUENCIA DETALLES	DE-AP-2	2/2
PLANO GENERAL		
PLANO GENERAL UBICACIÓN OBRAS	PL-GN-OB	1/1
DESVIACION PROYECTO ANTERIOR		
PLANO RIO CHIQUITO DESVIACION	AL-DES-CH	1/1



8.2.DATOS Y RESULTADOS DEL CALCULO DE LA ESCOTADURA Y EL VERTEDOR TIPO CREAGER PARA LAS REPRESAS DEL RIO CHIQUITO

ESCOTADURA

			ELEVACION CRESTA	ELEVACION CIMENTACION	ELEVACION CORONA	COEFICIENTE DE PERDIDA	ALTURA REPRESA	CARGA S/VERTEDOR	LONGITUD DE LA PRESA	LONGITUD DE LA CRESTA	CARGA
represa	1		1080	1078.25	1080.42	0.5	2.17	0.42	30	20	0.39
q	l	g	h	area	altura	altura total					
10.0000	2.0000	9.8100	2.1700	1.8770	0.9385	1					
represa	2		elev vert	elev cim			2.39	0.39	26	20	0.39
			1082.5	1080.5	1082.89						
q	l	g	h	area	altura	altura total					
11.0000	2.0000	9.8100	2.3900	1.9674	0.9837	1					
represa	3		elev vert	elev cim			2.85	0.47	22	15	0.48
			1085.5	1083.12	1085.97						
q	l	g	h	area	altura	altura total					
12.0000	2.0000	9.8100	2.8500	1.9654	0.9827	1					

8.3 DATOS Y RESULTADOS DEL CALCULO DE LA ESCOTADURA Y EL VERTEDOR DE LA REPRESA DEL RIO GRANDE

8.3.1 CALCULO DE LA ESCOTADURA PARA LA REPRESA DEL RIO GRANDE

REPRESA RIO GRANDE			ELEVACION CRESTA	ELEVACION CIMENTACION	ELEVACION CORONA	COEFICIENTE DE PERDIDAS	ALTURA REPRESA	CARGA S/VERTEDOR	LONGITUD DE LA PRESA	LONGITUD DE LA CRESTA	CARGA
represa 1			1021.8	1017.24	1022	0.5	4.76	0.2	40.46	0	0.2
q	l	g	h	area	altura	altura total					
70.00	10.00	9.81	4.7600	8.8714	0.8871	1					



8.3.2 CALCULO DEL VERTEDOR TIPO CREAGER PARA LA REPRESA DEL RIO GRANDE

Q	C	L	H^(3/2)
524	2	262	1

8.4 DATOS Y RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES PARA LOS BORDOS DE LA LAGUNA DE INUNDACION DEL RIO GRANDE

8.4.1 ANALISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN BORDOS DE TIERRA Y ENROCAMIENTO CON UNA ALTURA DE 3 m EN CONDICIONES DE LAGUNA LLENA

CARACTERISTICAS FISICAS DEL MATERIAL					INICIALES		FINALES	
	PESO ESPECIFICO	PESO ESPECIFICO SATURADO	PESO ESPECIFICO HUMEDO	PESO ESPECIFICO SUMERGIDO	COHESION	ANGULO DE FRICCION INTERNA	COHESION	ANGULO DE FRICCION INTERNA
	T/m3	T/m3	T/m3	T/m3	T/m2	G	T/m2	G
RESPALDO ENROCAMIENTO TAAR	1.6	1.9	-	0.9	0	30	0	30
NUCLEO IMPERMEABLE	-	1.8	-	-	3	0	2	5
RESPALDO ENROCAMIENTO TAAB	1.6	1.9	-	0.9	0	30	0	30

COEFICIENTE SISMICO	RADIO CIRCULO	ELEVACION DESPLANTE BORDO	ELEVACION BORDO PRESA	ELEVACION SUPERFICIE LIBRE AGUA NAMO
	m	m	m	m
0.48	6.91	1019.00	1022.00	1021.80

ELEVACION SUPERFICIE LIBRE AGUA NAME	INTERSECCION CIRCULO TALUD AGUAS ARRIBA O AGUAS ABAJO	PESO ESPECIFICO AGUA	RESPALDO ENROCAMIENTO TAAR	RESPALDO ENROCAMIENTO TAAB	NUCLEO TAAR	NUCLEO TAAB
m	m	T/m3				
1021.90	1019.56	1.00	2.00	2.00	0.75	0.75



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



CULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD							
PUNTO	ANGULO	ALTURA RESPALDO (h)	ALTURA FILTRO (h)	ALTURA NUCLEO (h)	dp/dx	dN/dx	dT/dx
	G	m	m	m	T/m2	T/m2	T/m2
0.000	10.470	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.000	7.140	0.260	0.000	0.000	0.234	0.232	0.029
2.000	3.810	0.500	0.000	0.000	0.450	0.449	0.030
3.000	0.480	0.720	0.000	0.000	0.648	0.648	0.005
4.000	0.000	0.750	0.000	0.000	0.675	0.675	0.000
5.000	-2.840	0.910	0.000	0.000	0.819	0.818	-0.041
6.000	-6.160	1.080	0.000	0.000	0.972	0.966	-0.104
7.000	-9.510	1.220	0.000	0.000	1.098	1.083	-0.181
8.000	-12.900	1.340	0.000	0.000	1.206	1.176	-0.269
9.000	-16.330	1.440	0.000	0.000	1.296	1.244	-0.364
10.000	-19.820	1.510	0.000	0.000	1.359	1.278	-0.461
11.000	-23.390	1.330	0.000	0.220	1.593	1.462	-0.632
12.000	-27.600	1.000	0.000	0.560	1.908	1.691	-0.884
13.000	-30.850	0.670	0.000	0.870	2.169	1.862	-1.112
14.000	-34.800	0.330	0.000	1.110	2.295	1.885	-1.310
15.000	-38.950	0.000	0.000	1.380	2.484	1.932	-1.562
16.000	-43.360	0.000	0.000	1.030	1.854	1.348	-1.273
17.000	-48.110	0.000	0.000	0.490	0.882	0.589	-0.657
18.000	-52.860	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



TRAMO	dx	$\int(dN/dx)dx$	$\int(dT/dx)dx$	c dl	$\Sigma \tan \Phi_i \int(dN/dx)dx$	$\Sigma \tan \Phi_j \int(dN/dx)dx$	$\Sigma \tan \Phi_i \lambda \int(dT/dx)dx$	$\Sigma \tan \Phi_j \lambda \int(dT/dx)dx$
0 a 1	0.400	0.046	0.006		0.027		0.002	
1 a 2	0.400	0.136	0.012		0.079		0.003	
2 a 3	0.400	0.219	0.007		0.127		0.002	
3 a 4	0.400	0.265	0.001		0.153		0.000	
4 a 5	0.400	0.299	-0.008		0.172		-0.002	
5 a 6	0.400	0.357	-0.029		0.206		-0.008	
6 a 7	0.400	0.410	-0.057		0.237		-0.016	
7 a 8	0.400	0.452	-0.090		0.261		-0.025	
8 a 9	0.400	0.484	-0.127		0.279		-0.035	
9 a 10	0.400	0.504	-0.165		0.291		-0.046	
10 a 11	0.400	0.548	-0.219		0.316		-0.061	
11 a 12	0.400	0.631	-0.303	1.523				
12 a 13	0.400	0.711	-0.399	1.176				
13 a 14	0.400	0.749	-0.484	1.429				
14 a 15	0.400	0.763	-0.574	1.501				
15 a 16	0.400	0.656	-0.567	1.596				
16 a 17	0.400	0.118	-0.131	1.719				
SUMA		7.348	-3.128	8.944	2.148	0.000	-0.185	0.000

CARGA	ALTURA CUÑA PRESION	EMPUJE	ANGULO	NORMAL	TANGENCIAL	NORMAL*TAN(Φ_j)
m	m	T	G	T	T	T
2.240	2.800	3.136	53.130	1.882	2.509	0.000

FACTOR DE SEGURIDAD BORDO NAMO	FACTOR DE SEGURIDAD CON SISMO BORDO NAMO
17.901	2.720



8.4.2 ANALISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN BORDOS DE TIERRA Y ENROCAMIENTO CON UNA ALTURA DE 3 m EN CONDICIONES DE LAGUNA VACIA

CARACTERISTICAS FISICAS DEL MATERIAL					INICIALES		FINALES	
	PESO ESPECIFICO	PESO ESPECIFICO SATURADO	PESO ESPECIFICO HUMEDO	PESO ESPECIFICO SUMERGIDO	COHESION	ANGULO DE FRICCION INTERNA	COHESION	ANGULO DE FRICCION INTERNA
	T/m3	T/m3	T/m3	T/m3	T/m2	G	T/m2	G
RESPALDO ENROCAMIENTO TAAR	1.6	1.9	-	0.9	0	30	0	30
NUCLEO IMPERMEABLE	-	1.8	-	-	3	0	2	5
RESPALDO ENROCAMIENTO TAAB	1.6	1.9	-	0.9	0	30	0	30

COEFICIENTE SISMICO	RADIO CIRCULO	ELEVACION DESPLANTE BORDO	ELEVACION BORDO PRESA	ELEVACION SUPERFICIE LIBRE AGUA NAMO	ELEVACION SUPERFICIE LIBRE AGUA NAME
	m	m	m	m	m
0.48	6.91	1019.00	1022.00	1021.80	1021.90

INTERSECCION CIRCULO TALUD AGUAS ARRIBA O AGUAS ABAJO	PESO ESPECIFICO AGUA	RESPALDO ENROCAMIENTO TAAR	RESPALDO ENROCAMIENTO TAAB	NUCLEO TAAR	NUCLEO TAAB
m	T/m3				
1019.56	1.00	2.00	2.00	0.75	0.75



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD							
PUNTO	ANGULO	ALTURA RESPALDO (h)	ALTURA FILTRO (h)	ALTURA NUCLEO (h)	dp/dx	dN/dx	dT/dx
	G	m	m	m	T/m2	T/m2	T/m2
0.000	10.470	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.000	7.140	0.260	0.000	0.000	0.416	0.413	0.052
2.000	3.810	0.500	0.000	0.000	0.800	0.798	0.053
3.000	0.480	0.720	0.000	0.000	1.152	1.152	0.010
4.000	0.000	0.750	0.000	0.000	1.200	1.200	0.000
5.000	-2.840	0.910	0.000	0.000	1.456	1.454	-0.072
6.000	-6.160	1.080	0.000	0.000	1.728	1.718	-0.185
7.000	-9.510	1.220	0.000	0.000	1.952	1.925	-0.323
8.000	-12.900	1.340	0.000	0.000	2.144	2.090	-0.479
9.000	-16.330	1.440	0.000	0.000	2.304	2.211	-0.648
10.000	-19.820	1.510	0.000	0.000	2.416	2.273	-0.819
11.000	-23.390	1.330	0.000	0.220	2.524	2.317	-1.002
12.000	-27.600	1.000	0.000	0.560	2.608	2.311	-1.208
13.000	-30.850	0.670	0.000	0.870	2.638	2.265	-1.353
14.000	-34.800	0.330	0.000	1.110	2.526	2.074	-1.442
15.000	-38.950	0.000	0.000	1.380	2.484	1.932	-1.562
16.000	-43.360	0.000	0.000	1.030	1.854	1.348	-1.273
17.000	-48.110	0.000	0.000	0.490	0.882	0.589	-0.657
18.000	-52.860	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



“Diseño De Estructuras De Protección Contra Inundaciones Del Sistema Fluvial Del Municipio De Coalcomán, Michoacán”



TRAMO	dx	$\int(dN/dx)dx$	$\int(dT/dx)dx$	c dl	$\Sigma \tan \Phi_i$ $\int(dN/dx)dx$	$\Sigma \tan \Phi_j$ $\int(dN/dx)dx$	$\Sigma \tan \Phi_i$ $\int(dT/dx)dx$	$\Sigma \tan \Phi_j$ $\int(dT/dx)dx$
0 a 1	0.400	0.083	0.010		0.048		0.003	
1 a 2	0.400	0.242	0.021		0.140		0.006	
2 a 3	0.400	0.390	0.013		0.225		0.003	
3 a 4	0.400	0.470	0.002		0.272		0.001	
4 a 5	0.400	0.531	-0.014		0.306		-0.004	
5 a 6	0.400	0.634	-0.052		0.366		-0.014	
6 a 7	0.400	0.729	-0.102		0.421		-0.028	
7 a 8	0.400	0.803	-0.160		0.464		-0.044	
8 a 9	0.400	0.860	-0.225		0.497		-0.062	
9 a 10	0.400	0.897	-0.293		0.518		-0.081	
10 a 11	0.400	0.918	-0.364		0.530		-0.101	
11 a 12	0.400	0.926	-0.442	1.523				
12 a 13	0.400	0.915	-0.512	1.176				
13 a 14	0.400	0.868	-0.559	1.429				
14 a 15	0.400	0.801	-0.601	1.501				
15 a 16	0.400	0.656	-0.567	1.596				
16 a 17	0.400	0.118	-0.131	1.719				
SUMA		10.840	-3.977	8.944	3.786	0.000	-0.323	0.000

FACTOR DE SEGURIDAD BORDO VACIA	FACTOR DE SEGURIDAD CON SISMO BORDO VACIO
3.201	1.422