



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

“Estudio Hidrotécnico del Puente Vehicular Rodeo Grande”

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Roger Francisco Juárez Gómez

Tutor

M.Sc. Ing. José Ángel Baltodano

Managua, octubre 2018

DEDICATORIA

A DIOS por brindarme la bendición de la salud y bienestar, permitiéndome alcanzar mis sueños y metas, además de su eterna bondad y amor.

A mi abuelita, tías y tíos por apoyarme en todo momento de mi vida con sus consejos y motivación constante, por todos los esfuerzos que han hecho en darme una buena educación, formándome con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difícil, pero más que nada, por su amor, siendo ellos el pilar más importante de mi existencia.

A la memoria de mi padre Alejandro Juárez Moya que, aunque DIOS quiso llevárselo antes de que viera otro de mis triunfos, en honor a él he duplicado mis esfuerzos, por enseñarme que todas las cosas hay que apreciarlas, trabajarlas y luchar para lograr las metas de la vida.

A mi madre y hermana que, aunque no las tengo cerca sé que con su amor y oraciones me han ayudado a salir adelante, gracias por su paciencia, por preocuparse por mí y por compartir sus vidas.

A los docentes que me han acompañado durante el largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación como estudiante universitario.

AGRADECIMIENTO

A DIOS todopoderoso por haberme dado la existencia y permitido llegar al final de la carrera.

A mi abuelita, tías y tíos porque siempre me ha brindado su apoyo incondicional y han estado presente en cada paso que he dado.

A mi padre y madre por todos sus consejos y apoyo que me ha brindado para salir adelante estando presente en mi mente en esta etapa de mi vida.

A nuestra casa de estudios por haberme dado la oportunidad de ingresar al sistema de Educación Superior y cumplir este gran sueño.

A mis maestros por su gran apoyo y motivación para la culminación de mis estudios profesionales, por haberme transmitido los conocimientos obtenidos y haberme llevado paso a paso en el aprendizaje.

Al Arq. Jairo Martínez Páramo por haberme apoyado en la realización de este trabajo monográfico.

A mi tutor el Ing. José Ángel Baltodano quien con su enseñanza y sabiduría supo guiarme en este trabajo monográfico.

A todas y todos quienes de una u otra forma han colocado un granito de arena para el logro de este Trabajo monográfico, agradezco de forma sincera su valiosa colaboración.

RESUMEN DEL TEMA

El siguiente documento monográfico presenta el estudio hidrotécnico del puente vehicular Rodeo Grande. Está dividido en seis capítulos, a la misma vez cada capítulo se sub divide en temas específicos, que a continuación se describen.

El primer capítulo describe la necesidad y la importancia del estudio hidrotécnico para aportar a la construcción del puente vehicular Rodeo Grande, se dan a conocer los intentos de solución y las necesidades más destacadas que ha hecho la municipalidad para intentar resolver el problema del paso por el río el Gallo que cuando se hay crecida del mismo se vuelve intransitable el paso. También se presentan los objetivos a desarrollar.

En el segundo capítulo se refiere a la ubicación del proyecto, el área de influencia directa e indirecta, la demografía social, cultural y económica, así como la caracterización del municipio de Somotillo.

En el capítulo tres se presenta el marco teórico referente a los alcances y objetivos determinados anteriormente, se plantea los fundamentos teóricos en lo que se basó este trabajo, se define los componentes del estudio hidrotécnico, así como las normas y criterios a usar para el correcto diseño del sistema.

En el capítulo cuatro se describe la metodología a usar, la etapa de diseño final, en donde se dimensionaron en base a cálculos, los componentes del proyecto definidos, contiene el análisis y los resultados del proyecto.

En el capítulo cinco se analizan y se presentan los resultados de los estudios Hidrológicos e Hidráulicos.

Finalmente, en el capítulo seis se presentan las conclusiones más importantes del trabajo monográfico, así como las recomendaciones para la correcta ejecución del proyecto.

INDICE

CAPÍTULO 1: Introducción	1
1.1. Generalidades.....	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos	4
CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	5
2.1. Macro y Mico localización del Proyecto.....	5
2.2. Demografía	6
2.2.1. Demografía Social	6
2.2.2. Demografía Económica.....	6
2.2.3. Demografía Cultural	7
2.3. Caracterización del Municipio	8
2.3.1. Características Físicas y Naturales	8
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO	14
3.1. Generalidades.....	14
3.1.1 Caracterización de la Cuenca	14
3.1.2. Características Físicas.....	15
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE TRABAJO	20
4.1. Estudio Hidrológico	20
4.1.1. Calculo de la avenida de diseño	20
4.1.2. Delimitación de las áreas de Drenaje	21
4.1.3. Coeficiente de escorrentía	22
4.1.4. Intensidad de Precipitación	23
4.1.5. Caudal máximo con el modelo de transito de avenida.....	26
4.1.6. Tiempo de Retorno	26
4.2. Estudio Hidráulico	27
4.2.1. Referencia Topográfica.....	27
4.2.2. Calculo de sección hidráulica.....	28
4.2.3. Configuración del modelo y análisis hidráulico.....	28
4.2.4. Modelación hidráulica de los cauces con las estructuras propuestas.....	29
CAPITULO V: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	31
5.1. Resultado del Estudio Hidrológico – Hidráulico	31
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
6.1. Conclusiones.....	55
6.2. Recomendaciones.....	56
Bibliografía.....	57

CAPÍTULO 1: Introducción

1.1. Generalidades

La cuenca hidrográfica se constituye en una unidad básica de estudio, todavía más cuando dentro de estas cuencas se encuentran localizadas zonas urbanas. Es en este espacio donde se pueden estudiar los diferentes niveles de complejidad de las relaciones que existen entre el medio físico y su incidencia sobre la población, ya que la ocurrencia de eventos hidrológicos de grandes magnitudes presenta un gran efecto en los asentamientos humanos.

Los estudios y análisis expuestos en el presente documento intentan representar los primeros pasos para una posible solución, luego de un evento hidrológico de grandes magnitudes en la comunidad de Rodeo Grande del Municipio de Somotillo, Departamento de Chinandega:

- Recolección de información, investigación y trabajos de campo.
- Análisis de la información recopilada y de los datos de campo.
- Elaboración de propuesta de acuerdo al análisis de los datos de campo y a la información recopilada.
- Recomendaciones, consulta y revisión.

1.2. Antecedentes

El estudio Hidrotécnico del Proyecto “**Puente Vehicular Rodeo Grande**” ubicado en el Municipio de Somotillo constituye un gran esfuerzo tanto de los habitantes de la zona como de los Gobiernos Municipales del Municipio de Somotillo.

Según fuentes de la Municipalidad de Somotillo la necesidad de realizar el estudio hidrotécnico nació a raíz que se construyó el camino todo tiempo que comunica las comarcas de Jiñocua, las Pencas, Rodeo Grande entre otras con el Municipio de Somotillo; gracias al cambio climático que sufrimos es que el río Gallo ha sufrido crecidas muy altas, obstaculizando así el paso por horas tanto vehicular como peatonal.

1.3. Justificación

En la actualidad en el sitio no existe ningún tipo de infraestructura construida, por lo que el camino es usado, por vehículos y pobladores, atravesando directamente las aguas del **Río El Gallo**. Por la carencia de este pase importante han resultado accidentes con resultados, en algunos casos, muy lamentables. También la falta de este cruce vehicular afecta directamente la economía del municipio la cual se ve obligada a esperar que baje la crecida del río en la época del invierno.

Este puente le permitirá a la Comarca de Rodeo Grande y Comarcas aledañas tener mayor crecimiento en el sector económico y mayor seguridad en el traslado; ya que por medio de esta vía se transporta grandes cantidades de ajonjolí y maíz que son las principales actividades agropecuarias en este municipio.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

1. Realizar los Estudios Hidrotécnicos para el diseño del Puente Vehicular Rodeo Grande del Municipio de Somotillo.

1.4.2. Objetivos Específicos

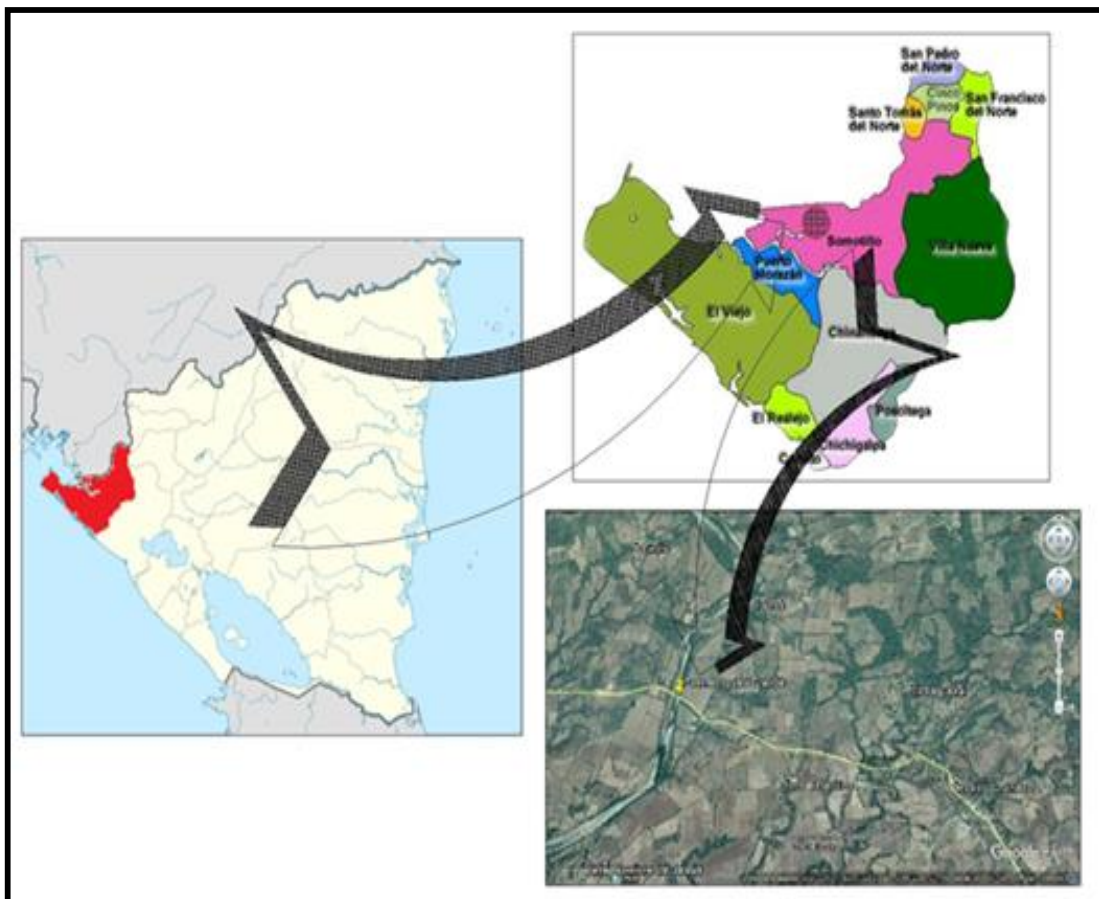
1. Elaborar Caracterizacion de la Cuenca de Drenaje.
2. Determinar la Avenida máxima de la Cuenca al punto de ubicación de la obra de drenaje.
3. Elaborar diseño hidráulico del puente y obras complementarias.

CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

2.1. Macro y Mico localización del Proyecto

El Puente Rodeo Grande se encuentra ubicado en el departamento de Chinandega a aproximadamente 34 kilómetros al noreste de la ciudad de Somotillo, en las coordenadas: $13^{\circ} 6' 47.52''$ de latitud norte y $86^{\circ}48' 22.53''$ de longitud oeste al occidente del país. Ver Ilustración # 1 (Macro y Micro localización).

Ilustración 1. Macro y Micro localización



Fuente: Mapas de Nicaragua y Plataforma Google Earth Pro

2.2. Demografía

2.2.1. Demografía Social

Con una densidad de población 30.71 habitantes por kilómetro cuadrado, la población del municipio es de 34,584 hab.; distribuida de la siguiente manera 12,261 habitantes están ubicados en el sector urbano y 22,277 habitantes en el área rural según datos levantados por la Alcaldía de Somotillo.

El Municipio originalmente fue un Asentamiento Indígena; la colonización española en el proceso de exterminio físico y mestizaje, acabó con las raíces indígenas del Municipio.

La cabecera municipal de Somotillo; originalmente fue construida a 4 kilómetros aproximadamente al Oeste de su actual ubicación, a dos kilómetros de la congruencia de los ríos, que antes se denominaron “Dulce Nombre de Jesús” y “Río Negro”; actualmente Rio Gallo y Rio Negro en el lugar conocido como Pueblo Viejo, frente a la comunidad del Aredo, rivera norte del Rio Negro. EL traslado de la ciudad se produjo por frecuentes inundaciones provocadas por los temporales, nombre que se daba a los periodos de fuertes y frecuentes lluvias.

2.2.2. Demografía Económica

En la actualidad Somotillo se encuentra ubicado en la categoría C y no solamente sigue siendo el centro político, social y económico más importante de la zona de Chinandega, sino que además es la puerta internacional más importante de Nicaragua, siendo el puerto fronterizo el Guasaule el punto de entrada y salida de toda clase de mercadería.

2.2.3. Demografía Cultural

En el Municipio de Somotillo se celebra el Santo Patrono San Lorenzo Mártir, se inicia el primero y se cierra el 10 del mes de Agosto, en el parque municipal se instalan puestos de ventas de comida, gaseosas, cervezas y artículos de todo tipo, a estos establecimientos la población los conoce como los chinamos, se elige a la Reyna de las fiestas patronales.

Tradicionalmente Somotillo ha sido pueblo religioso, pueblo dedicado al contrabando por ser fronterizo, fiestero, corredor de patos (actividad se hacia el 24 y 28 de junio, en celebración del día de San Juan y San Pedro, consistía en colgar un pato vivo, amarrado de las patas con la cabeza hacia abajo y los Hombres pasaban corriendo montados en caballos, le halaban la cabeza hasta arrancarse), cusucero (licor elaborado artesanalmente de maíz y dulce), pescador, carreteros.

El maíz es utilizados, para la elaboración de güirilas, tamales, atol, perrerreque, (esto se realiza cuando el maíz esta tierno, de los elotes) el maíz seco es utilizado para la elaboración de tortillas, pinol, tiste, nacatamales, pozol con leche y pozol con semilla de jícara, indio viejo, tamales pisque, tamal relleno, el millón o maicillo, se utiliza en la elaboración de turrón, tortillas, atol de maicillo.

Es muy tradicional la música y el baile de la cumbia Chinandegana, música folklorica. Y se acompaña de grupos culturales campesino artística y teatral el Mecate con su famosa canción El Chompipe de la Maximina.

2.3. Caracterización del Municipio

2.3.1. Características Físicas y Naturales

2.3.1.1. Clima

El clima de la zona de Somotillo, según la clasificación climática de Holdrige, es Trópico seco de Sabana y de acuerdo a la clasificación de Köepen, el clima Tropical de Sabana, con una temperatura media de 33°C. La precipitación promedio anual es de 1,690 mm.

De acuerdo a la distribución de la precipitación en el año, se presentan dos estaciones climáticas, una seca (verano) que va de mediados de noviembre a mediados de mayo, donde se registran lluvias esporádicas y de poca duración, y otra húmeda (lluviosa o invierno) que se extiende desde mediados de mayo a mediados de noviembre, donde cae el 92% de la precipitación promedio anual, observándose variaciones reducidas de un mes a otro, siendo el mes más lluvioso septiembre con un valor medio de 350 mm.

2.3.1.2. Precipitación

La precipitación en el municipio de Somotillo varía de un mínimo de 500 mm. hasta los 2000 mm, siendo los meses de mayor precipitación mayo, junio, agosto, septiembre y octubre, y los meses secos abarcan de diciembre a abril. La canícula va de severa en la parte norte a definida en la parte plana.

2.3.1.4. Topografía

Somotillo está ubicado en el área de mayor sismicidad del país según Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, INETER en esa área para el año 2003 se registraron 82 sismos y el año 2004 67 sismos.

La mayor parte de las zonas está formada por áreas de topografía irregular conformada por lomeríos, pie de monte, valles intramontanos, terrenos con

elevaciones de 100 – 200 msnm, con topografía accidentada y pendientes mayores del 50 %, las que se ubican en la parte alta o pie de montaña, además incluye algunas zonas planas que limitan con el municipio de Santo Tomas del Nance 2.

Las zonas próximas al Golfo de Fonseca constituidas por manglares, salitrales y pantanos las que suman unas 43 028.27 hectáreas para un 43.51 % del total del territorio, es área de Conservación y aprovechamiento sostenible. Unas 1522.66 has. se dedican a la camaronicultura. En los llanos de sonsocuite o vertisoles pesados que constituyen un 25 % de la superficie, la actividad económica existente son el pastoreo extensivo de ganado y la recolección de la semilla del jícara.

El resto del territorio, es el llamado pié de monte o tierras del noreste que son las tierras utilizadas para los cultivos anuales y la ganadería.

2.3.2. Educación

La infraestructura escolar en el municipio está compuesta por 57 centros educativos y las oficinas de la delegación Municipal, los cuales se atienden los diferentes programas del Ministerio de Educación, en las modalidades de educación primaria, secundaria y las diferentes modalidades de Educación de adultos.

En el municipio de Somotillo se tiene excelente acceso a los servicios educativo, toda la comunidad rural cuenta con infraestructura escolar y maestros altamente calificados, que trabajan en coordinación con las estructuras comunitarias del poder ciudadano.

También existen tres centros de secundaria que tienen salas tecnológicas con profesores especializados en la materia, también existe un instituto básico Agropecuario Rural y un centro de capacitación técnica rural que atiende a través del INTEC curso de capacitación y de habilitación en varias ramas técnicas.

2.3.3. Salud

El ministerio de salud presta los siguientes servicios que a su vez han crecido en los últimos 5 años, entre los servicios prestados a la población se tiene: servicios de laboratorio, odontología, sala de emergencia, sala de pediatría, servicios de farmacia, casa de atención al adolescente, casa materna, servicios de estadísticas, programa control de vectores, área de educación sexual, consulta externa, ginecología, medicina interna.

En el casco Urbano, tienen 2 puestos de salud, un hospital primario, la capacidad de encamado es de 14 camas sensibles, cuenta con un quirófano para cirugías menores; en el sector rural del municipio se cuenta con 8 puestos de salud rurales con médicos, enfermera, suministro de medicamento y material de reposición, cada puesto de salud atiende a las comunidades que se encuentran más cercanas, la ubicación de estos puestos de salud es (Palo Grande, San Antonio, Asentamiento A. C. Sandino, Las Mesitas, Rodeo Grande, Jiñocuao El Guasaule y Rodeito).

2.3.4. Energía Eléctrica

La distribución de la energía eléctrica está a cargo de la empresa Dis-Norte. Este servicio ha aumentado en los últimos años en generación de energía para mejorarlo, se ha producido en los últimos 10 años energía eléctrica en 19 comunidades, teniendo un 76% de cobertura. En el área urbana se tiene energía eléctrica en un 100% de los barrios.

La calidad del servicio eléctrico en el municipio, es de las 24 horas del día, los apagones que se realizaban antes ya pasaron a la historia.

La modalidad de contratación que tiene Dis-Norte es de contratar cuadrilla para hacer los trabajos de línea, personal para lectura y cobro en una ventanilla de cobro para los 6 seis municipios del Norte de Chinandega, esta oficina está ubicada en el municipio de Somotillo.

2.3.5. Telecomunicaciones

El municipio de Somotillo cuenta con telefonía a red de comunicación convencional del municipio, está regulada por CLARO / ENITEL y la red de telefonía celular de Claro y Movistar.

MOVISTAR cuenta tres antenas metálicas ubicadas de los semáforos de Somotillo 500 mts. sobre la carretera a Guasaule, en cerro la llorona, una en la Aduana el Guasaule y la otra en el Asentamiento los Limones.

CLARO Tiene dos antenas metálicas, una antena ubicada al costado norte del parque municipal y la otra en las oficinas de CLARO / ENITEL, también tiene dos antenas sobre postes de concreto, una en Rodeo Grande y la otra en Palo Grande, con estas antenas garantizan la accesibilidad y cobertura en todo el territorio del municipio.

2.3.6. Agua Potable y Alcantarillado Sanitario

ENACAL del municipio de Somotillo cuenta una infraestructura de 7 pozos construidos, los cuales funcionan por bombeo de energía eléctrica, todos los pozos tienen caseta construida y panel de control.

Cuenta con un tanque de almacenamiento de agua con capacidad de 318,000 galones el cual está en perfecto estado, de tal manera que tenemos una producción de 570 galones por minuto, los cuales se explotan 13 horas diario.

En el municipio no existe sistema de alcantarillado sanitario en su totalidad, se está trabajando el estudio de factibilidad para garantizar el 100% de cobertura, además que se está complementando con el Convenio ACRA / AMUNORCHI, para establecer las pilas sépticas y tratamiento de las aguas servidas. Actualmente existen sumideros y fosas sépticas, principalmente las poseen algunas familias, instituciones y negocios como los hoteles, el resto de la población hace uso de las letrinas de diferentes tipos.

El drenaje pluvial está conformado por cunetas en las calles adoquinadas, embolonadas, 3 cauces revestidos (barrio Las Colinas, Sagrada Familia y Santa Eulalia) dos cauces en forma de túnel a ambos lados de la carretera internacional, que drena repartiendo las aguas al río Gallo y río Tecomapa. En el sector rural existen vados y alcantarillas que drenan las aguas a los ríos y las quebradas.

2.3.8. Viabilidad

Somotillo, está dotado con una red vial compuesta por 18 Kms. de carretera asfaltada, 10 kilómetros sobre la carretera internacional al Guasaule y 8 kilómetros en la carretera a cinco pinos, tiene 170 Kms. de caminos de todo tiempo y 103 Kms. de caminos temporales, lo que permite al municipio contar con vías de acceso en todo el territorio a excepción del área de los humedales que son vías de acceso diferentes.

El casco urbano de Somotillo en lo que respecta al centro de la ciudad, el 90% de las calles son adoquinadas, en la parte de las colonias periféricas de la ciudad se hacen esfuerzos por mantenerlas reparadas para que tengan acceso a todo tiempo de esta manera dinamizar las actividades económicas y sociales de la comunidad.

En cuanto a los andenes de la ciudad les falta mucho para modernizar este aspecto en la mayoría, los andenes son las tradicionales aceras para el paso peatonal, en el sector de la carretera internacional, se cuenta con andenes de doble propósito, son drenajes en forma de túnel y andenes en ambos lados de la banda de Rodamiento.

Las vías de accesos asfaltadas cuentan con puentes de calidad y garantías ya fueron construidos con las normas de construcción vial internacional, en el sector de la comarca las Mesitas se ha construido un puente peatonal que da respuesta de seguridad para pasar el Río Gallo por ese sector a la población de las comarcas circunvecinas a ese sector, sin embargo, en las otras vías de acceso en caminos de todo tiempo y caminos temporales hay mucho que mejorar en puentes y alcantarillas.

En el territorio de Rodeo Grande y las comarcas vecinas, se rehabilitaron 4 alcantarillas destruidas por el Huracán Mitch, también está pendiente la construcción

del puente en el Rio Gallo en el sector del nombre de Jesús que dificulta el transporte en época lluviosa.

2.3.9. Servicios de Transporte

Somotillo tiene una red de transporte colectivo y selectivo, urbano, intramunicipal e intermunicipal que cubre todo el territorio municipal, sin embargo, cabe mencionar que existe un transportista que cuenta con cinco unidades (micro buses) que presta el servicio de transporte al sector turístico.

En el Municipio existen cooperativas de taxis y buses individuales representados por el gabinete Municipal de transporte. Se considera el servicio de media a buena, ya que las condiciones de las carreteras y calles les permite tener unidades en regular estado de funcionamiento. Tiene cobertura en todo el Municipio, los taxis su accionar se centra en prestar el servicio al puesto fronterizo el Guasaule, en el casco urbano el servicio de ruleteo lo prestan los triciclos.

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1. Generalidades

A continuación, se pone en consideración los fundamentos científicos necesarios a emplear como base para el desarrollo del estudio, los mismos que han sido extraídos de libros, investigaciones afines, revistas científicas y publicaciones en internet. De tal manera que aquellos lectores e investigadores interesados tengan una percepción clara de los términos que se manejarán como iconos en el proceso investigativo.

3.1.1 Caracterización de la Cuenca

Se ha considerado importante caracterizar la cuenca hidrológica, porque en hidrología ésta constituye la unidad básica de estudio. De las particularidades de sus patrones de drenaje se obtiene información sobre las características físicas de los materiales que la conforman; información esencial para la determinación de parámetros importantes para el cálculo hidrológico tales como: **Coefficiente de Escorrentía y Coeficiente de importancia relativa de entrada y salida de flujo.**

El ciclo hidrológico, visto a nivel de una cuenca, se puede esquematizar como un estímulo, constituido por la precipitación al que la cuenca responde mediante el escurrimiento en su salida. Entre el estímulo y la respuesta ocurren varios fenómenos que condicionan la relación entre uno y otra, y que están controlados por las características geomorfológicas de la cuenca. Dichas características se clasifican en dos tipos, según la manera en que controlan los fenómenos mencionados: Las que condicionan el volumen de escurrimiento, como el área de la cuenca y el tipo de suelo, y las que condicionan la velocidad de respuesta, como son el orden de corrientes, pendiente de la cuenca y los cauces.

3.1.2. Características Físicas

Estas características dependen de la morfología, los tipos de suelo, la capa vegetal, la geología, las prácticas agrícolas etc. Estos elementos físicos proporcionan la más conveniente posibilidad de conocer la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico.

3.1.2.1. Forma de la cuenca

Es importante estudiar la forma de la cuenca pues se relaciona con el tiempo de concentración, el cual es el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que toda la cuenca contribuya a la sección de la corriente en estudio. El análisis de esta característica se llevará a cabo a través de dos parámetros descritos a continuación:

3.1.2.2. Coeficiente de compacidad (Kc)

Es la relación entre el perímetro de la cuenca y la longitud de la circunferencia de un círculo de área igual a la de la cuenca en estudio. Siendo "P" el perímetro de la cuenca en km, y "A" el área en Km², Kc se expresa con la siguiente ecuación:

$$Kc = 0.28 * P / \sqrt{A}$$

Cuanto más irregular sea la cuenca, mayor será su coeficiente de compacidad. En una cuenca circular este coeficiente alcanzará su valor mínimo que es la unidad, en cuyo caso poseerá mayor tendencia a las crecientes.

3.1.2.3. Factor de forma (Kf)

Es la relación entre el ancho medio y la longitud axial de la cuenca. La longitud axial se mide cuando se sigue el curso de agua más largo desde la desembocadura hasta la cabecera más distante en la cuenca. El ancho medio se obtiene cuando se divide el área por la longitud axial. Siendo "B" el ancho medio en km, "L" la longitud axial de la cuenca en km y "A" el área de drenaje en km², Kf se define con la siguiente ecuación:

$$Kf = A / L^2$$

Es importante comentar que una cuenca con un factor de forma bajo, esta menos sujeta a crecientes que otra del mismo tamaño, pero con mayor factor de forma.

3.1.2.4. Sistema de drenaje

Se llama sistema de drenaje al arreglo o distribución de los ríos, quebradas, arroyos etc. que constituyen la corriente principal de la cuenca y sus tributarios. Los sistemas de drenaje se clasifican en cuanto a su forma o distribución geométrica, y a su textura o densidad. La forma del sistema corresponde a la distribución geométrica de los tributarios (primarios, secundarios y terciarios) que integran la red hidrográfica. La textura o densidad describe el espaciamiento relativo entre los tributarios del sistema de drenaje.

Entre más corrientes tributarias tenga una cuenca, es decir, entre mayor sea el grado de bifurcación de su sistema de drenaje, más rápida será su respuesta a la precipitación, Por ello, se ha analizado el sistema de drenaje de la cuenca mediante los indicadores de bifurcación o eficiencia descritos a continuación:

3.1.2.5. Densidad de drenaje (Dd).

Es la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la cuenca y su área total. Siendo “L” la longitud total de las corrientes de agua en kilómetros, y “A” el área de drenaje, Dd se define con la siguiente ecuación:

$$Dd = L/A$$

3.1.2.6. Densidad de corrientes (Ds)

Es el número de corrientes perennes e intermitentes por unidad de área, Siendo “Ns” el número de corrientes perennes e intermitentes y “A” el área de drenaje de la cuenca, Ds se define con la siguiente ecuación:

$$Ds = Ns/A$$

3.1.2.7. Extensión media de la Escorrentía (I).

Se define como la distancia media en el que el agua de lluvia tendría que escurrir sobre los terrenos de la cuenca, en caso de que la escorrentía se diese en línea recta desde donde la lluvia cayó hasta el punto más próximo al lecho de una corriente cualquiera de la cuenca. Considerando que una cuenca de área “A” pueda ser representada por un área de drenaje rectangular, y teniendo un curso de agua de longitud “L” igual a la longitud total de las corrientes de agua dentro de ella, que pasa por su centro, la extensión media de la escorrentía superficial será:

$$I = A/(4 * L)$$

3.1.2.8. Sinuosidad de las corrientes de agua (S)

Es la relación entre la longitud del río principal medida a lo largo de su cauce (L), y la longitud del valle del río principal medida en línea curva o recta (Lt). Definida por la siguiente ecuación:

$$S = L/Lt$$

Este parámetro da una medida de la velocidad de la escorrentía a lo largo de la corriente. Un valor de "S" menor o igual a 1.25 indica una baja sinuosidad; lo que conduce a definir la corriente como río con alineamiento recto.

3.1.2.9. Pendiente de las corrientes principales (Sc)

Uno de los indicadores más importantes del grado de respuesta de una cuenca a una tormenta es la pendiente del cauce principal. Dado que ésta pendiente varía a lo largo del cauce, es necesario definir una pendiente media; para ello existen varios métodos; el método usado en este estudio es el que se conoce como: Método de Pendiente Media, que establece que ésta es igual al desnivel entre los extremos de la corriente, dividido entre su longitud medida en planta. Siendo "H₁" la altura máxima de la corriente, "H₀" la altura mínima de la corriente y "L" la longitud en planta, Sc se define con la siguiente ecuación:

$$Sc = (H_1 - H_0)/L$$

Después de analizar los parámetros anteriormente descrito y en base a inspecciones de campo hechas en sitios claves de la cuenca hidrográfica, se puede puntualizar algunos aspectos fundamentales de su geomorfología que influyen en la relación precipitación – escurrimiento, y que son cruciales en la toma de criterios al momento del cálculo del caudal hidrológico, y en el análisis de los resultados, que deberán estar en concordancia con las características de la cuenca.

La cuenca hidrológica de la propuesta para **Puente Rodeo Grande**, desde el punto de vista de su salida se clasifica como exorreica, posee un relieve semimontañoso con pendientes promedio que varían de 0.0% a 5.0%. La cobertura vegetal de la cuenca se caracteriza por presentar zonas de bosques espaciados y franjas de maleza compacta.

El sistema de drenaje de la cuenca alcanza corrientes de tercer orden como máximo, desarrollándose libremente en todas direcciones con corrientes tributarias de ramales irregulares, es decir, presenta un patrón de drenaje de dendrítico. Esta característica supone que en la cuenca predominan materiales moderadamente finos y uniformemente permeables sobre pendientes suaves. La escorrentía superficial y las pérdidas de precipitación dependen de las características físicas de la cuenca, entre las cuales los suelos desempeñan un papel muy importante. La escorrentía y las pérdidas determinan el volumen de agua aportado en la cuenca, y la manera como ese volumen de agua se distribuye en el tiempo.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE TRABAJO

A continuación, se describe la metodología empleada para el desarrollo del Proyecto Estudio Hidrotécnico del Puente Vehicular Rodeo Grande que contempla los Estudios Hidrológico e Hidráulico.

4.1. Estudio Hidrológico

Los Estudios Hidrológicos consistieron en el cálculo del caudal máximo probable que pueda presentarse en el sitio donde se construirá la nueva estructura. Para esto; se tomaron en cuenta todos los factores que influyen en la formación de caudales que son las características físicas de la cuenca de aportación tales como: el área, longitud del cauce principal, la pendiente del cauce y la cobertura vegetal. Con esta información se procedió a definir el método para determinar la avenida de diseño.

Para la selección de la metodología a usar se tomaron en cuenta la disponibilidad de información hidrológica; la obtención de los datos de intensidades máximas anuales de la estación meteorológica más cercana a cada cuenca, la cartografía disponible como son los mapas geodésicos en escala 1: 50,000, e imágenes de satélite.

4.1.1. Calculo de la avenida de diseño

La avenida de diseño del proyecto, se refiere al volumen de escorrentía superficial por unidad de tiempo, que puede presentarse en el sitio del proyecto, debido a cierta intensidad de lluvia asociada a un período de retorno previamente definido. La avenida de diseño se calcula por extrapolación de los datos históricos para unas condiciones definidas como críticas. Este cálculo es el principal objetivo de los estudios hidrológicos para el diseño de obras de drenaje mayor, y en él intervienen una serie de parámetros que deberán establecerse de acuerdo al tipo de obra a construirse, las características de la cuenca y los datos de precipitación.

4.1.2. Delimitación de las áreas de Drenaje

Los terrenos de una cuenca son delimitados por dos tipos de divisorias o parte aguas; divisoria topográfica o superficial, y divisoria freática o subterránea. Esta última establece los límites de los embalses de agua subterránea. Las dos divisorias difícilmente coinciden. La divisoria freática varía con la posición del nivel freático. En este tipo de estudios se acostumbra definir el área de drenaje de una cuenca de acuerdo con su divisoria topográfica.

Para la estimación de las áreas de drenaje del proyecto, se utilizaron Mapas Geodésicos de la zona en estudio a escala 1: 50,000 elaborados por INETER. Estos mapas se digitalizaron y se procesaron con ayuda del programa AutoCAD, de tal manera que fue posible el trazo del parte aguas con métodos computarizados que facilitaron la obtención del área de drenaje de la cuenca y de datos adicionales tales como: perímetro de la cuenca, longitudes de cauces principales, longitud axial de la cuenca, longitud total de corrientes etc.

El trazo del parte aguas se realizó siguiendo un conjunto de normas generales que mencionamos a continuación:

- La línea divisoria corta ortogonalmente a las curvas de nivel.
- Cuando la divisoria va aumentando su altitud, corta a las curvas de nivel por su parte convexa.
- Cuando la altitud va disminuyendo, la divisoria corta a las curvas de nivel por su parte cóncava.
- Si cortamos el terreno por el plano normal a la divisoria, el punto de intersección en ésta, ha de ser el punto de mayor altitud del terreno.
- Como comprobación, la línea divisoria nunca debe cortar a un río, arroyo o vaguada, excepto en el punto del que queremos obtener su divisoria.

En este estudio, el área de drenaje obtenida, correspondiente al Puente Rodeo Grande es de **6,366.80 hectáreas**.

4.1.3. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía es la proporción de la precipitación total que circula hacia el drenaje, que depende del estado inicial del suelo de la cuenca, ya que un suelo seco absorbe más agua que un suelo saturado. En general, el volumen del agua que escurre nunca es igual al que se ha precipitado. Sin embargo, para estudios hidrológicos se asume un valor normalmente conservador, pero no arbitrario, sino de una observación detallada de la naturaleza de la superficie, de los usos del suelo y de la pendiente del terreno. Los datos sobre la naturaleza de los suelos se pueden encontrar en mapas temáticos, geológicos o edafológicos; los usos de la superficie están recogidos en mapas temáticos y topográficos.

Este parámetro depende de los aspectos de la topografía, el tipo de suelo y la cobertura vegetativa de la cuenca, a como la siguiente tabla de Valores para uso del coeficiente de escorrentía lo presenta:

Tabla # 1 coeficientes de escorrentía

Uso del Suelo	Us
Vegetacion densa, bosques, cafetal con sombras, pastos	0.04
Malezas, arbustos, solar baldio, cultivos perennes, parques, cementerios, campos deportivos	0.06
Sin vegetacion o con cultivos anuales	0.15
Zonas suburbanas (viviendas, negocios)	0.2
Casco urbano y zonas industriales	0.30 - 0.50
Tipo de Suelo	Ts
Permeable (Terreno arenoso, ceniza volcanica, pomez)	1.00
Semipermeable (Terreno arcilloso arenoso)	1.25
Impermeable (Terreno arcilloso, limoso, marga)	1.50
Pendiente del Terreno (%)	Pt
0.0 - 3.0	1.00
3.1 - 5.0	1.50
5.1 - 10.0	2.00
10.1 - 20.0	2.50
20.1 y mas	3.00

Fuente: Apuntes Hidrología Aplicada Ven T. Show.

4.1.4. Intensidad de Precipitación

Una vez que se obtuvo el tiempo de concentración de la cuenca, y tomando el criterio de que éste es igual al tiempo de duración de la lluvia, con el fin de garantizar que toda el área de drenaje contribuya a la escorrentía superficial, se calculó la intensidad de precipitación con la ecuación de la forma:

$$I = 95625 * TR^{0.126} / tc^{8.36^{0.712}}$$

donde:

- I = Intensidad de lluvia en mm/hr.
- Tr = Periodo de Retorno en años
- Tc = Tiempo de concentración en minutos

$$Tc = 0.0041 * 3.28 L^{0.77} / \sqrt{Sc}$$

Los datos meteorológicos correspondientes a la zona en estudio fueron suministrados por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). En este caso se tomó la estación meteorológica de Chinandega por su cercanía al proyecto, y por poseer más área de influencia sobre la cuenca en consideración, además de contar con mayor cantidad de registros.

Con los datos de intensidades máximas anuales, de la estación mencionada, se procedió a la elaboración de las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) determinando los parámetros de ajuste para el modelo matemático que se utilizó en el cálculo de la intensidad de precipitación.

Se ordenaron las intensidades máximas anuales, de menor a mayor en cada uno de los intervalos de duración, asignándoles un número de orden *m*; se calculó el periodo de retorno o intervalo de frecuencia en años “*Tr*” por cada intensidad, *n* el número de años de registro y *m* el orden del valor del evento.

Como normalmente no se cuenta con suficientes registros de intensidades para calcular caudales con intervalos de recurrencia apropiados para obras de drenaje mayor, es necesario emplear distribuciones de valores extremos para estimar intensidades de lluvias correspondientes a intervalos de tiempo mayores que los registrados.

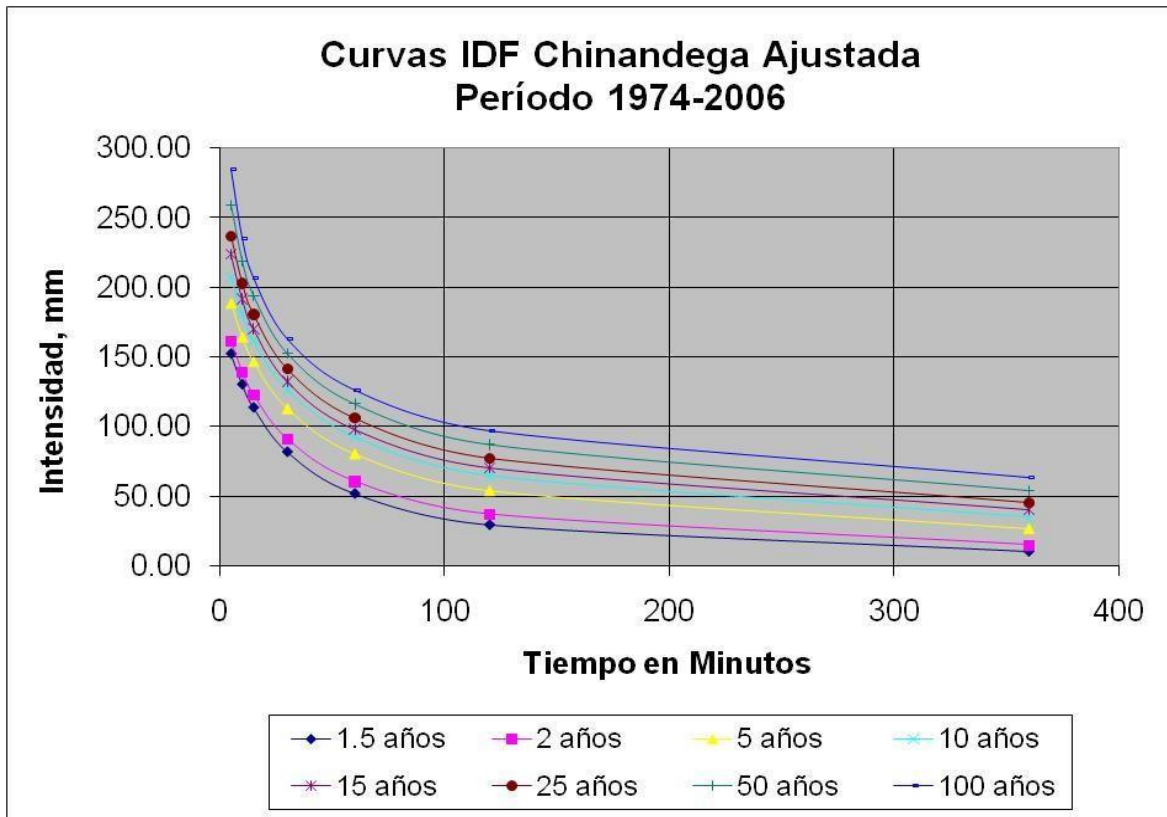
Se ha supuesto que el evento estudiado se identifica con la variable "x", si el evento máximo que interesa sucede cuando x es igual o mayor a cierto valor "xt", el período de retorno "T" del evento en consideración, es el valor esperado del intervalo de recurrencia, es decir, del tiempo entre ocurrencias de $x \geq x_t$.

Con el procedimiento descrito se obtienen valores de la variable reducida "yt" y de la variable x_t , en función del período de retorno. En nuestro cálculo "xt" se refiere a intensidades de lluvia, en consecuencia, ésta metodología nos ha permitido obtener intensidades de lluvia para diferentes periodos de retorno y para cada uno de los intervalos de duración registrados (5, 10, 15, 30, 60, 120 y 360 minutos).

Finalmente, los datos obtenidos se ajustan utilizando procedimientos de ajustes de curvas. En este caso, el ajuste se hizo con el método de mínimos cuadrados. En los anexos se muestra el cálculo completo, siguiendo la metodología descrita.

En la siguiente página se presentan las curvas IDF para diferentes períodos de retorno de la estación meteorológica usada en el proyecto, así como sus correspondientes parámetros de ajuste.

Tabla # 2



Fuente: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)

Parámetros de ajustes

T: años	r	SEC	A	d	b
1.5	-0.9991	25.02	6089.5696	25.00	1.2097
2	-0.9995	17.80	4011.4387	21.00	1.0971
5	-0.9999	9.17	2619.7411	16.00	0.9521
10	-0.9999	9.52	2320.6119	14.00	0.8963
15	-0.9999	11.53	2390.3663	14.00	0.8848
25	-0.9999	15.33	2294.132	13.00	0.8587
50	-0.9998	24.28	2237.0163	12.00	0.8318
100	-0.9997	35.91	2364.1416	12.00	0.8221

4.1.5. Caudal máximo con el modelo de tránsito de avenida

Para la obtención del caudal de diseño se determinaron las avenidas que generan las subcuencas en que fue dividida el área de drenaje, utilizando el método racional que se define: $Q = CIA / 3.6$

Una vez que se obtuvieron los caudales de cada Subcuenca, estos se transitaron a la siguiente, hasta llegar al punto de concentración de cierre.

La variante que se utilizó para el tránsito de avenidas es la de Muskingum, expresada:

$$O_2 = C_0 I_2 + C_1 I_1 + C_2 O_1$$

Cuando el caudal se traslada de una Subcuenca a otra, el Hidrograma que resulta se suma con el Hidrograma Triangular de la Subcuenca a donde se ha trasladado el tránsito, hasta llegar al punto de cierre, este Hidrograma resultante se suma al Hidrograma Triangular donde está ubicado el punto de cierre, obteniendo el Hidrograma Final y por consiguiente el caudal de diseño.

El caudal hidrológico de diseño para el Puente Rodeo Grande obtenido con la metodología descrita es de **91.23 m³/s.** con un tiempo de concentración de 96.07 minutos. En los anexos se muestra la memoria de cálculo hidrológico.

4.1.6. Tiempo de Retorno

El periodo de retorno se calcula por cada Intensidad utilizando la siguiente ecuación; siendo Tr el periodo de retorno o intervalo de frecuencia, n el número de años de registro y m el orden del valor del evento; se tiene:

$$Tr = n * 1/ m$$

4.2. Estudio Hidráulico

4.2.1. Referencia Topográfica

El diseño hidráulico de un puente debe realizarse de acuerdo a las condiciones topográficas del sitio donde se emplazará la estructura, y en concordancia con los resultados obtenidos en los estudios hidrológicos.

En este estudio, la definición de las características de la obra, se realizó en base a: criterios económicos, riesgos permisibles, importancia de la vía, volúmenes de tráfico etc. adicionalmente se tomaron en consideración otros criterios tales como: costos de mantenimiento, estética y beneficios obtenidos.

Los estudios topográficos sugieren que las condiciones del sitio permiten el emplazamiento de obras de drenaje mayor, por lo que la topografía del terreno no será restricción para definir las características de la estructura. Como el proyecto se ubica en una zona con “alto potencial productivo”, el nuevo diseño deberá satisfacer las necesidades de transporte que demanda la producción, y por supuesto, garantizar suficiente seguridad a los usuarios.

Para definir el tipo de estructura a construirse, se ha considerado dos alternativas tomando como parámetro fundamental el caudal de diseño, que es la variable más importante obtenida en los estudios hidrológicos:

- Para caudales iguales ó menores que $30 \text{ m}^3/\text{s}$, se propondrán cajas puentes de concreto reforzado.
- Para caudales mayores que $30 \text{ m}^3/\text{s}$, se propondrán puentes de superestructura de concreto y acero en colaboración con subestructura de mampostería de piedra bolón.

La selección de cualquiera de estas alternativas responde básicamente a las facilidades y ahorros que se logran durante el proceso constructivo, y a la eficiencia obtenida durante la vida de la estructura, o según lo que requiera establecer un ingeniero estructural.

4.2.2. Cálculo de sección hidráulica

Para el análisis hidráulico de este cauce se utilizó software o sistema de modelación HEC-RAS, el cual ha sido desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) del cuerpo de ingenieros de la armada de los EE.UU. (US Army Corps of Engineers) y tiene como predecesor al programa HEC- 2, con varias mejoras con respecto a éste, entre las que destaca la interface gráfica de usuario que facilita las labores de pre proceso y pos proceso.

El modelo numérico incluido en el programa permite realizar análisis del flujo permanente y no permanente unidimensional gradualmente variado en lámina libre.

Entre las principales características técnicas del sistema se puede mencionar:

- Realiza el cálculo hidráulico de estructuras (puentes, aliviaderos, alcantarillas, etc.)
- Permite la visualización gráfica de datos y resultados.
- Permite la edición gráfica de secciones transversales.

La aplicación del modelo HEC-RAS es la modelación hidráulica en régimen permanente y no permanente de cauces abiertos, ríos y canales artificiales.

4.2.3. Configuración del modelo y análisis hidráulico

El proceso de modelación seguido se ha basado en las siguientes etapas:

- Análisis previo con el fin de delimitar la zona en estudio, tipo de régimen y las condiciones de contorno.
- Definición de secciones transversales.
- Estudio de rugosidad.
- Inclusión de secciones especiales.
- Análisis de las condiciones de contorno.
- Incluir los datos anteriores en formato de HEC-RAS.
- Realizar un primer cálculo.
- Control de errores y revisión de resultados.
- Confirmar hipótesis de régimen (lento o rápido) y condiciones de contorno impuestas.
- Calibrado: ajuste de Manning en base a niveles alcanzados por el río en tormentas conocidas.
- Corrección de rugosidad, sección horizontal, etc.
- Nuevo cálculo.
- Proceso de sensibilidad del modelo.
- Estudio del régimen hidrodinámico y propuesta de soluciones.
- Justificación hidráulica del diseño propuesto.
- Estudio de sensibilidad hidráulica del diseño propuesto.

4.2.4. Modelación hidráulica de los cauces con las estructuras propuestas

Para modelar el comportamiento hidráulico del cauce con la nueva estructura, se seleccionó una zona de estudio de aproximadamente 500 mts. (300 mts. aguas arriba y 200 mts. aguas abajo), con secciones transversales cada 20 metros, con ancho tal, que se abarque el área de influencia de las aguas. En los anexos se muestra un esquema del mapa topográfico, correspondiente a la zona de estudio y las secciones de cruce representativas del proyecto.

Posteriormente con el modelo HEC–RAS se evaluaron los niveles de aguas máximas en cada sección, y en dependencia de estos, se definieron las

dimensiones que necesita la estructura para evacuar con seguridad las avenidas de diseño.

De este proceso se desprende la propuesta final que es: Puente de Superestructura de Concreto y Acero en Colaboración, con un Claro Libre de 40 metros, con un nivel de Rasante de 122.57 msnm. En los anexos se muestran los resultados de la simulación hidráulica del puente.

CAPITULO V: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5.1. Resultado del Estudio Hidrológico – Hidráulico

CALCULO DEL CAUDAL HIDROLOGICO PUENTE RODEO GRANDE												
CARACTERISTICAS FISICAS DE LA CUENCA HIDROGRAFICA Y SISTEMA DE DRENAJE												
Cuenca Hidrografica	Area de Drenaje (Ha)	Perimetro (Km)	Longitud Axial (Km)	Longitud Total de Corrientes (Km)	Nº de Corrientes	L. Valle de Corriente Principal (Km)	Kc	Kf	Dd	Ds	I	S
Puente Rodeo Grande	6366.84	42.37	42.91	42.46	30.00	20.65	1.49	0.03	0.67	0.47	0.37	2.08

Fuente: Elaboración propia

Kc: Coeficiente de compacidad

Kf: Factor de forma

Dd: Densidad de drenaje (km/km²)

Ds: Densidad de corrientes por (Nº de corrientes/km²)

I: Extensión media de escorrentía superficial (km)

S: Sinuosidad de las corrientes

Tiempo de Retorno, TR	50 años
% de la estaciones meteorologicas	90%
Tramos del transito	1-2,2-3,3-4,5-6,6-7
Punto de cierre	7

Fuente: Elaboración propia

CALCULO DEL CAUDAL MAXIMO ESTIMADO EN LA CUENCA POR EL MÉTODO RACIONAL													
CUENCA	ÁREA	LONG	Hmax	Hmin	Sc		Tc	l	Coeficiente de escorrentía				Caudal
	km ²	m	m	m	m/m	%	min	mm/hora	Us	Ts	Pt	C	m ³ /s
1	63.668	39520.8	571	118.202	0.01146	1.15%	198.069	31.68	0.15	1	1.50	0.225	126.07

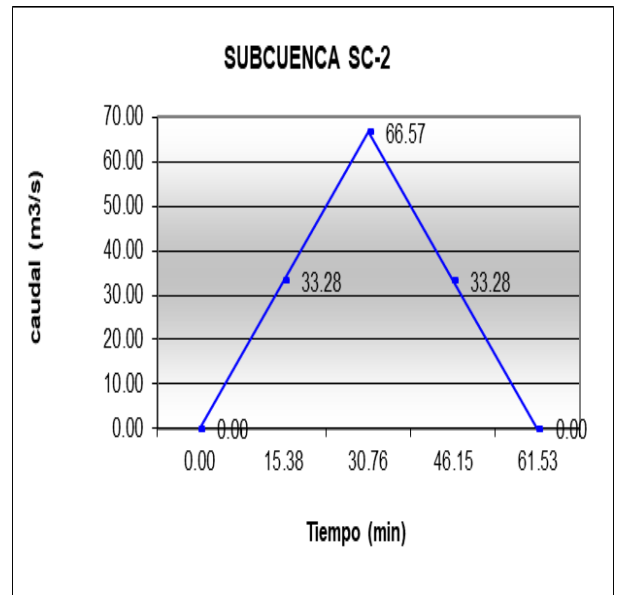
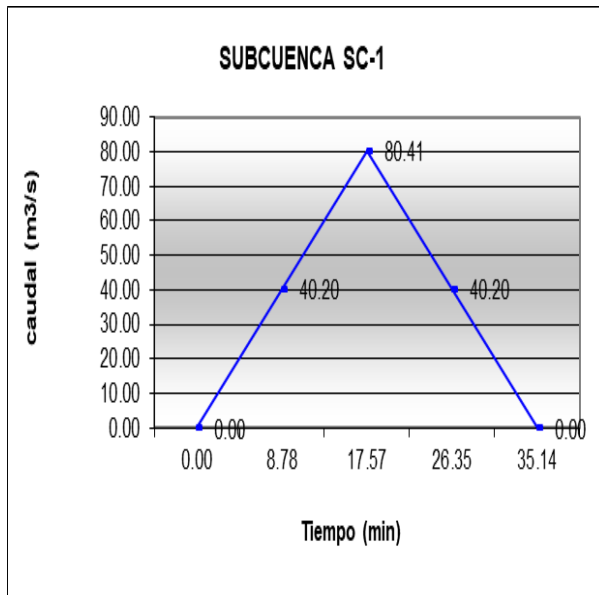
Fuente: Elaboración propia

CALCULO DE CAUDALES DE LAS SUBCUENCAS POR EL MÉTODO RACIONAL													
SUB CUENCA	ÁREA	LONG	Hmax	Hmin	Sc		tc	l	Coeficiente de escorrentía				Caudal
	km ²	m	m	m	m/m	%	min	mm/hora	Us	Ts	Pt	C	m ³ /s
1	2	3	4	5	6	7	7	8	9	10	11	12	13
SC-1	9.2712	3670.3	571	375	0.053	5.34%	17.57	138.77	0.15	1.00	1.50	0.225	80.409
SC-2	10.2878	4715.8	375	278	0.021	2.06%	30.76	103.53	0.15	1.00	1.50	0.225	66.567
SC-3	10.7183	5708.0	278	162	0.020	2.03%	35.80	94.97	0.15	1.00	1.50	0.225	63.622
SC-4	9.2037	6002.1	375	212	0.027	2.72%	33.29	99.03	0.15	1.00	1.50	0.225	56.963
SC-5	9.1394	6982.4	217	140	0.011	1.10%	52.91	75.23	0.15	1.00	1.50	0.225	42.970
SC-6	9.3151	6279.5	212	140	0.011	1.15%	48.03	79.80	0.15	1.00	1.50	0.225	46.460
SC-7	5.7329	6162.8	140	118.2	0.004	0.35%	74.45	60.70	0.15	1.00	1.50	0.225	21.749
TOTAL	63.668												378.740

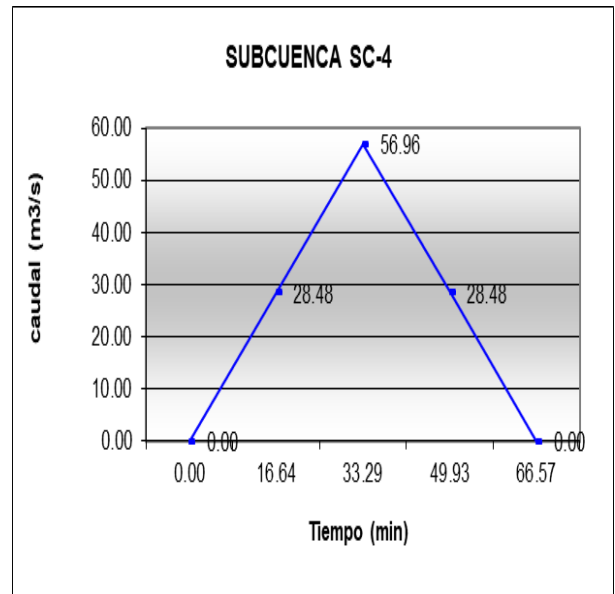
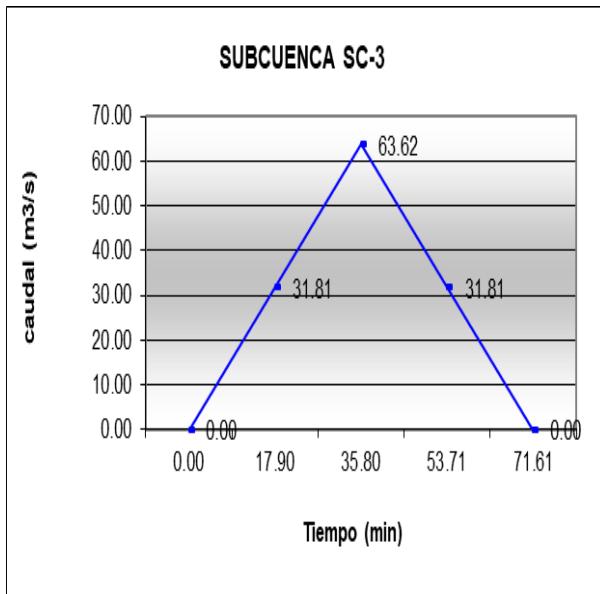
Fuente: Elaboración propia

HIDROGRAMAS TRIANGULARES SINTETICOS													
Hidrograma SC - 1		Hidrograma SC - 2		Hidrograma SC - 3		Hidrograma SC - 4		Hidrograma SC - 5		Hidrograma SC - 6		Hidrograma SC - 7	
t/2= 8.78		t/2= 15.38		t/2= 17.90		t/2= 16.64		t/2= 26.45		t/2= 24.02		t/2= 37.23	
t(min)	Q(m3/s)	t(min)	Q(m3/s)	t(min)	Q(m3/s)	t(min)	Q(m3/s)	t(min)	Q(m3/s)	t(min)	Q(m3/s)	t(min)	Q(m3/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8.78	40.20	15.38	33.28	17.90	31.81	16.64	28.48	26.45	21.48	24.02	23.23	37.23	10.87
17.57	80.41	30.76	66.57	35.80	63.62	33.29	56.96	52.91	42.97	48.03	46.46	74.45	21.75
26.35	40.20	46.15	33.28	53.71	31.81	49.93	28.48	79.36	21.48	72.05	23.23	111.68	10.87
35.14	0.00	61.53	0.00	71.61	0.00	66.57	0.00	105.82	0.00	96.07	0.00	148.91	0.00

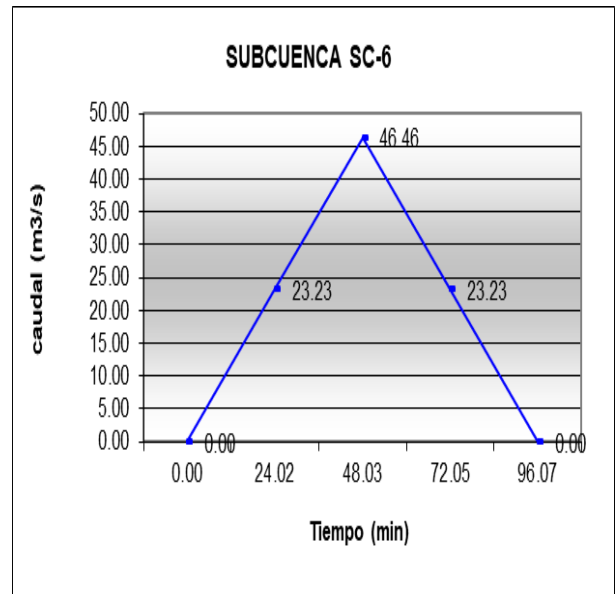
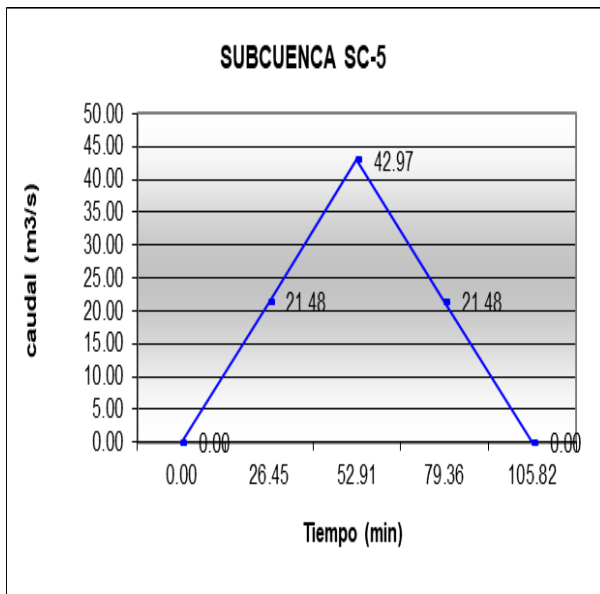
Fuente: Elaboración propia



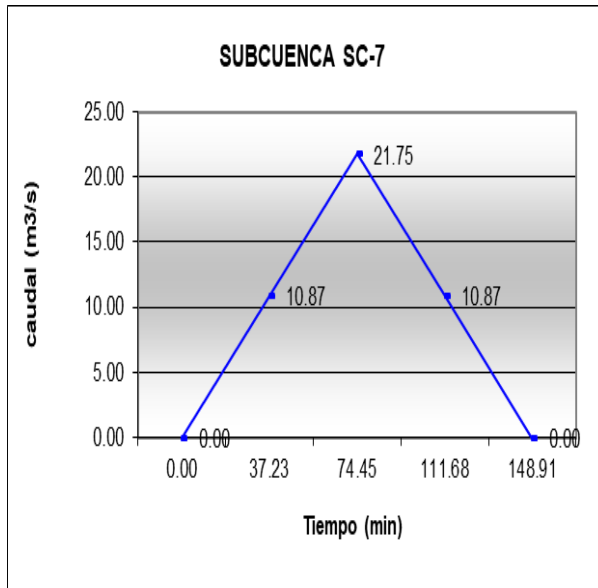
Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

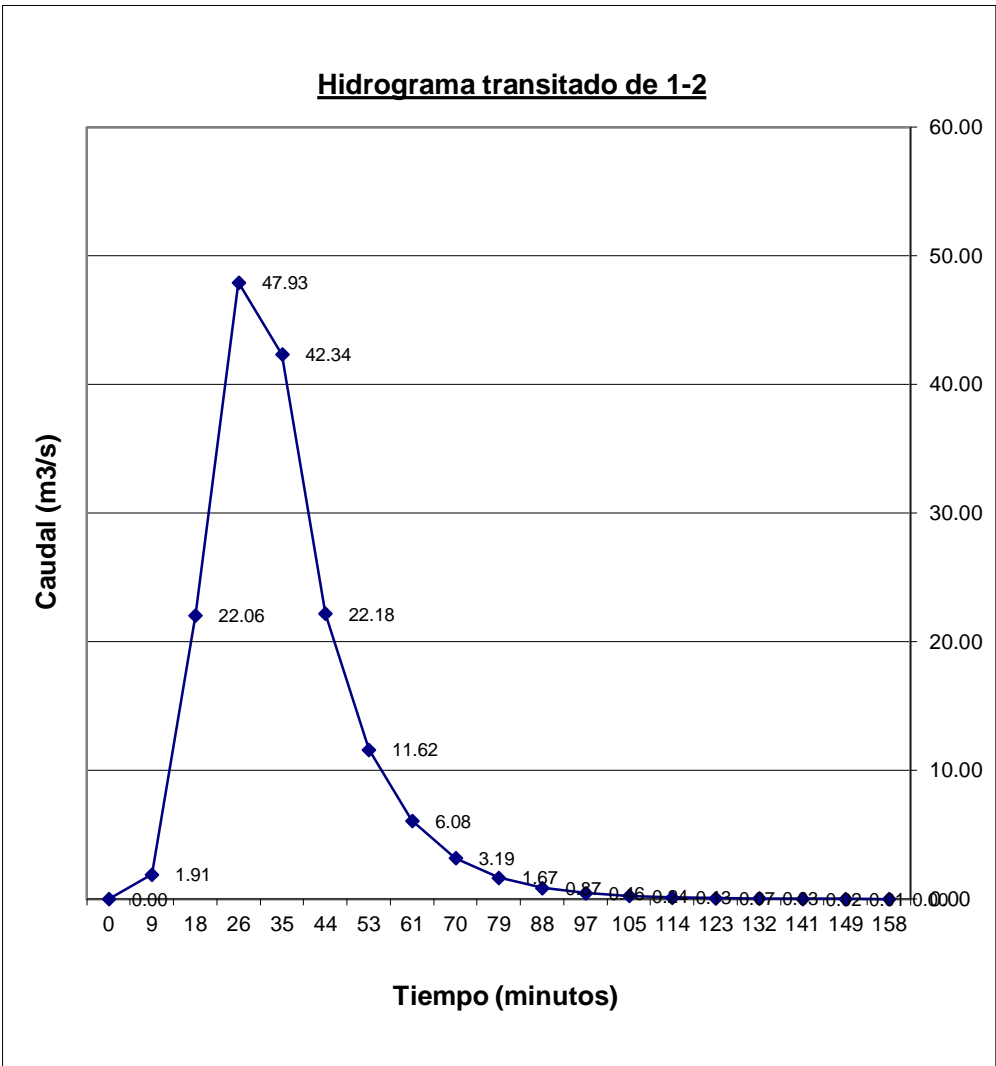
CALCULO DE LOS PARAMETROS AVENIDA DE TRANSITO										
SUB CUENCA	Vcuenca	Vtransito	Ltransito	K	t	X	C0	C1	C2	SUMA
	m/min	m/min	m	min	min					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Parametro de transito del punto de control A al punto de control 1										
SC-1	208.92	208.92	3670.26	17.57	8.78	0.20	0.0476	0.4286	0.5238	1.0000
Parametro de transito del punto de control 1 al punto de control 2										
Vt(1-2)	208.92									
SC-2	153.29	181.10	4715.76	26.04	15.38	0.20	0.0871	0.4522	0.4607	1.0000
Parametro de transito del punto de control 2 al punto de control 3										
Vt(2-3)	181.10									
SC-3	159.42	170.26	5707.96	33.52	17.90	0.20	0.0628	0.4377	0.4995	1.0000
Parametro de transito del punto de control 3 al punto de control 6										
Vt(3-6)	170.26									
SC-4	180.32									
SC-5	131.97									
SC-6	130.73	153.32	6279.49	40.96	24.02	0.20	0.0853	0.4512	0.4636	1.0000
Parametro de transito del punto de control 6 al punto de control 7										
Vt(6-7)	153.32									
SC-7	82.77	118.05	6162.76	52.21	37.23	0.20	0.1354	0.4812	0.3834	1.0000

Fuente: Elaboración Propia

Calculo de Caudal en el Punto de Control 1

Hidrograma SC-1 en el punto 1 transitado al 2							
K=	17.57		t=	8.78			
C0=	0.0476	C1=	0.4286	C2=	0.5238		
t				Antes del trans		Momento del trans	
min	C0*I2	C1*I1	C2*O1	I1	O1	I2	O2
1	2	3	4	5	6	7	8
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8.78	1.91	0.00	0.00	0.00	0.00	40.20	1.91
17.57	3.83	17.23	1.00	40.20	1.91	80.41	22.06
26.35	1.91	34.46	11.56	80.41	22.06	40.20	47.93
35.14	0.00	17.23	25.11	40.20	47.93	0.00	42.34
43.92	0.00	0.00	22.18	0.00	42.34	0.00	22.18
52.70	0.00	0.00	11.62	0.00	22.18	0.00	11.62
61.49	0.00	0.00	6.08	0.00	11.62	0.00	6.08
70.27	0.00	0.00	3.19	0.00	6.08	0.00	3.19
79.05	0.00	0.00	1.67	0.00	3.19	0.00	1.67
87.84	0.00	0.00	0.87	0.00	1.67	0.00	0.87
96.62	0.00	0.00	0.46	0.00	0.87	0.00	0.46
105.41	0.00	0.00	0.24	0.00	0.46	0.00	0.24
114.19	0.00	0.00	0.13	0.00	0.24	0.00	0.13
122.97	0.00	0.00	0.07	0.00	0.13	0.00	0.07
131.76	0.00	0.00	0.03	0.00	0.07	0.00	0.03
140.54	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.02
149.32	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01
158.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00

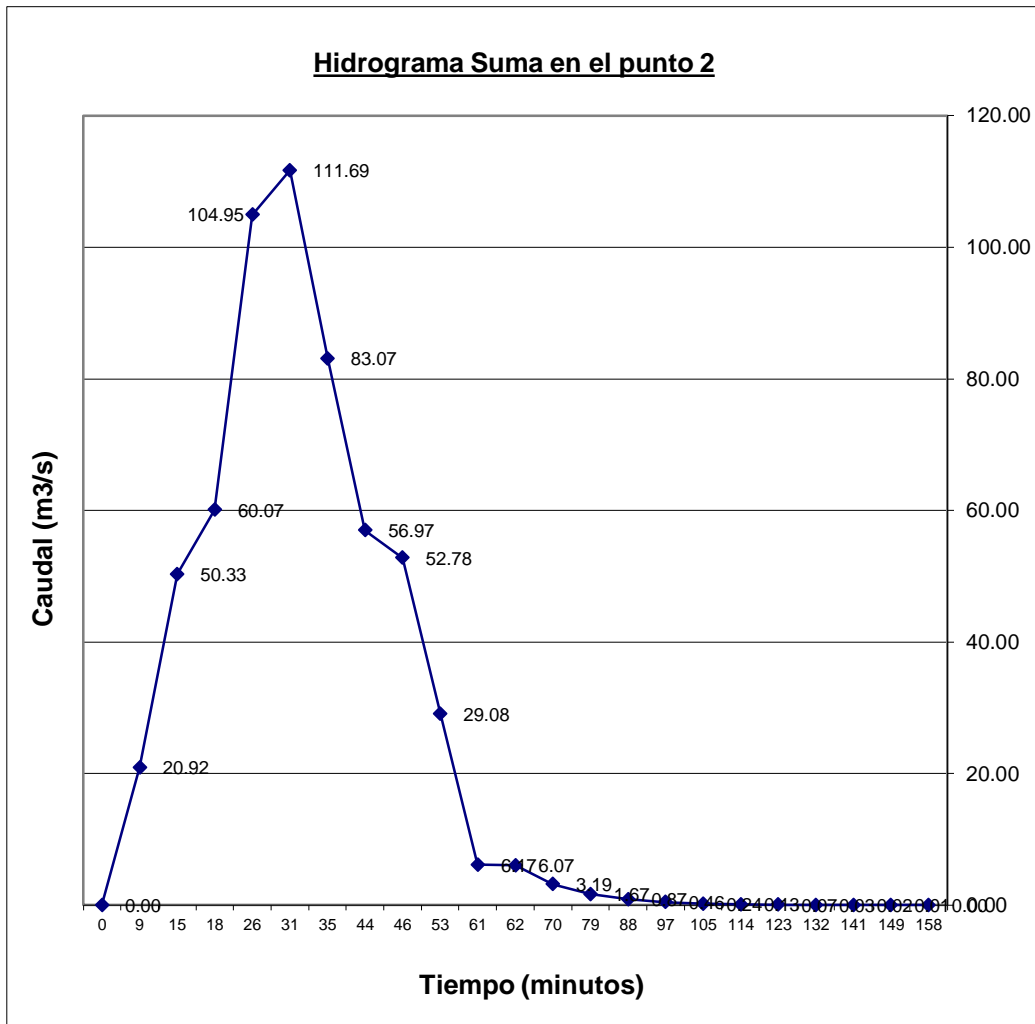
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Hidrograma Suma: Transitado del 1 al 2 e Hidrograma SC-2			
t	Hidrograma Transitado	Hidrogram de SC-2	Suma
min	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
1	2	3	4
0.00	0.00	0.00	0.00
8.78	1.91	19.01	20.92
15.38	17.05	33.28	50.33
17.57	22.06	38.01	60.07
26.35	47.93	57.02	104.95
30.76	45.12	66.57	111.69
35.14	42.34	40.74	83.07
43.92	22.18	34.79	56.97
46.15	19.50	33.28	52.78
52.70	11.62	17.47	29.08
61.49	6.08	0.08	6.17
61.53	6.07	0.00	6.07
70.27	3.19	0.00	3.19
79.05	1.67	0.00	1.67
87.84	0.87	0.00	0.87
96.62	0.46	0.00	0.46
105.41	0.24	0.00	0.24
114.19	0.13	0.00	0.13
122.97	0.07	0.00	0.07
131.76	0.03	0.00	0.03
140.54	0.02	0.00	0.02
149.32	0.01	0.00	0.01
158.11	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración Propia

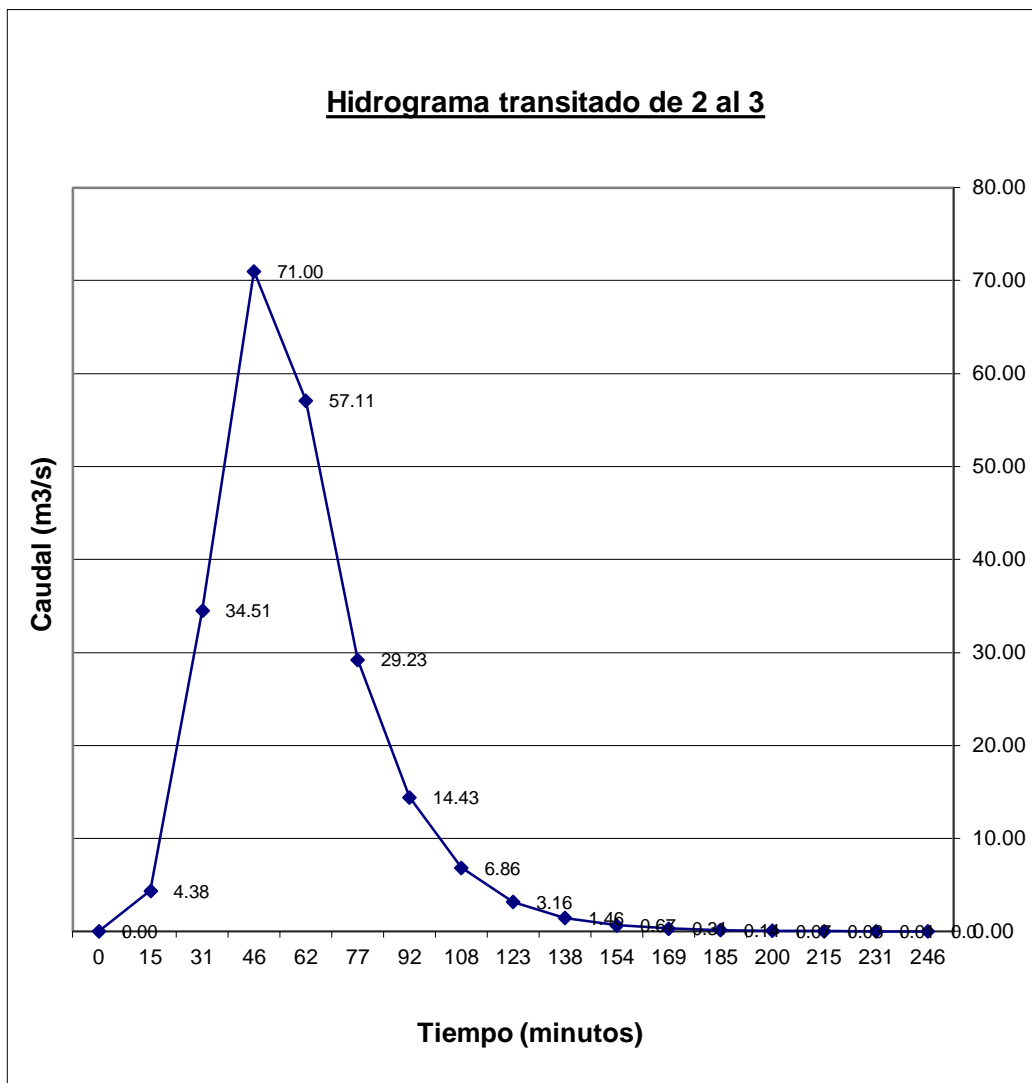


Fuente: Elaboración Propia

Calculo de Caudal en el Punto de Control 2

Hidrograma SC-2 en el punto 2 transitado al 3							
K=	26.04		t=	15.38			
C0=	0.0871	C1=	0.4522	C2=	0.4607		
t				antes del trans		momento del trans	
min	C0*I2	C1*I1	C2*O1	I1	O1	I2	O2
1	2	3	4	5	6	7	8
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15.38	4.38	0.00	0.00	0.00	0.00	50.33	4.38
30.76	9.72	22.76	2.02	50.33	4.38	111.69	34.51
46.15	4.60	50.51	15.90	111.69	34.51	52.78	71.00
61.53	0.53	23.87	32.71	52.78	71.00	6.07	57.11
76.91	0.18	2.75	26.31	6.07	57.11	2.04	29.23
92.29	0.04	0.92	13.47	2.04	29.23	0.47	14.43
107.68	0.00	0.21	6.65	0.47	14.43	0.00	6.86
123.06	0.00	0.00	3.16	0.00	6.86	0.00	3.16
138.44	0.00	0.00	1.46	0.00	3.16	0.00	1.46
153.82	0.00	0.00	0.67	0.00	1.46	0.00	0.67
169.21	0.00	0.00	0.31	0.00	0.67	0.00	0.31
184.59	0.00	0.00	0.14	0.00	0.31	0.00	0.14
199.97	0.00	0.00	0.07	0.00	0.14	0.00	0.07
215.35	0.00	0.00	0.03	0.00	0.07	0.00	0.03
230.73	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.01
246.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Fuente: Elaboración Propia

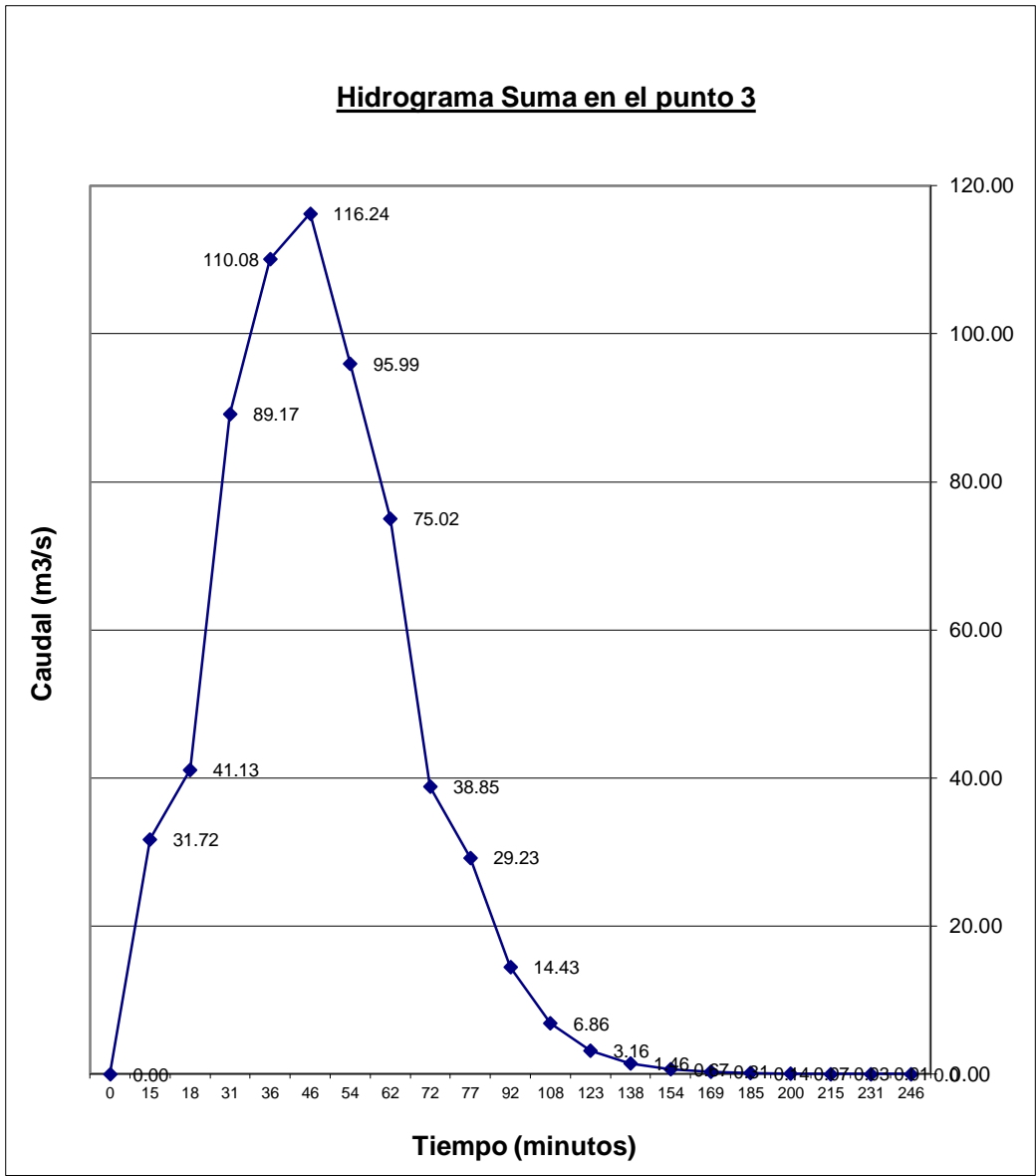


Fuente: Elaboración Propia

Hidrograma Suma: Transitado del 2 al 3 e Hidrograma SC-3			
t	Hidrograma Transitado	Hidrogram de SC - 3	Suma
min	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
1	2	3	4
0.00	0.00	0.00	0.00
15.38	4.38	27.33	31.72
17.90	9.32	31.81	41.13
30.76	34.51	54.67	89.17
35.80	46.46	63.62	110.08
46.15	71.00	45.24	116.24
53.71	64.18	31.81	95.99
61.53	57.11	17.91	75.02
71.61	38.85	0.00	38.85
76.91	29.23	0.00	29.23
92.29	14.43	0.00	14.43
107.68	6.86	0.00	6.86
123.06	3.16	0.00	3.16
138.44	1.46	0.00	1.46
153.82	0.67	0.00	0.67
169.21	0.31	0.00	0.31
184.59	0.14	0.00	0.14
199.97	0.07	0.00	0.07
215.35	0.03	0.00	0.03
230.73	0.01	0.00	0.01
246.12	0.0	0.00	0.0

Fuente: Elaboración Propia

Hidrograma Suma en el punto 3

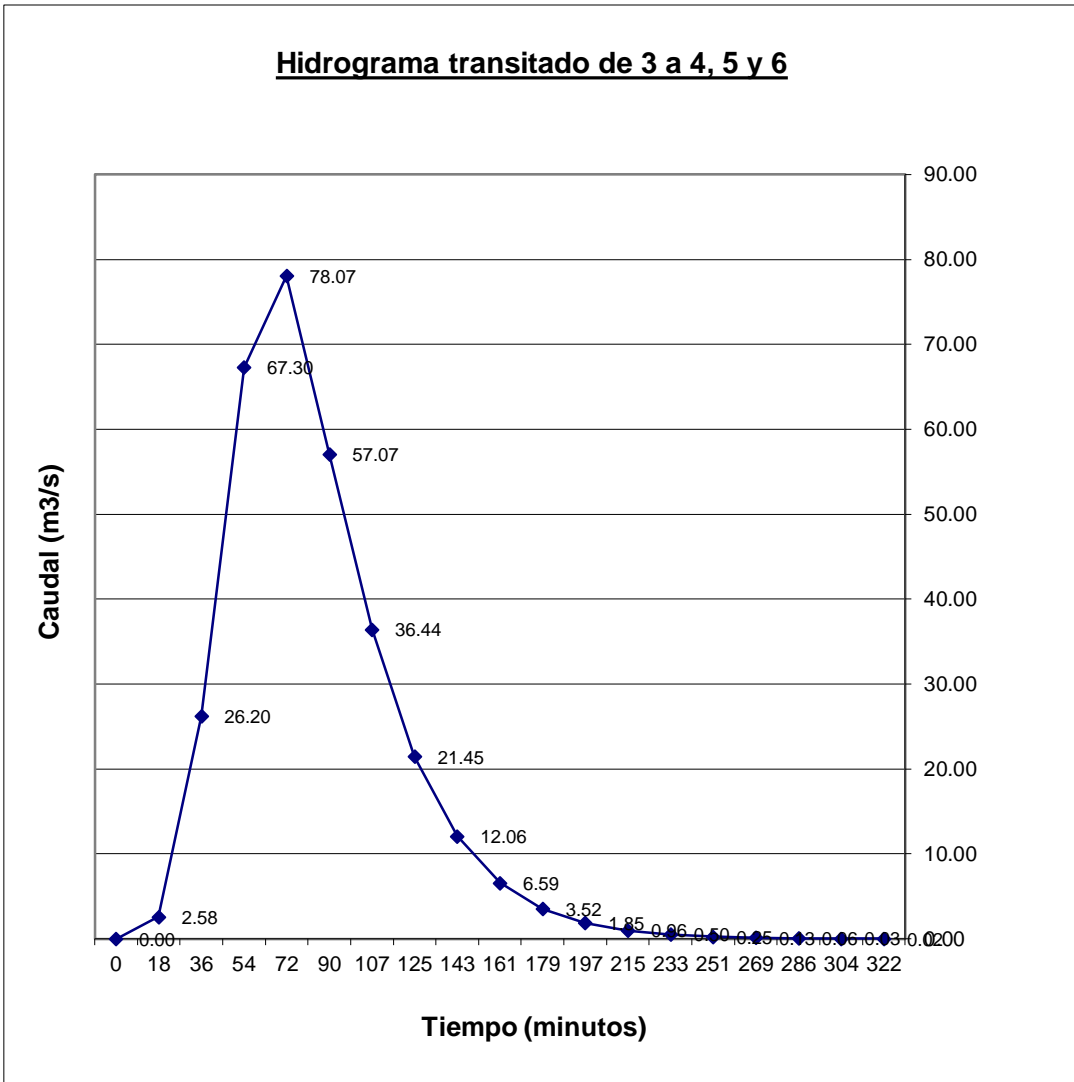


Fuente: Elaboración Propia

Calculo de Caudal en el Punto de Control 3

Hidrograma SC-3 en el punto 3 transitado al 6							
K=	33.52		t=	17.90			
C0=	0.0628	C1=	0.4377	C2=	0.4995		
t				antes del trans		momento del trans	
min	C0*I2	C1*I1	C2*O1	I1	O1	I2	O2
1	2	3	4	5	6	7	8
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17.90	2.58	0.00	0.00	0.00	0.00	41.13	2.58
35.80	6.91	18.00	1.29	41.13	2.58	110.08	26.20
53.71	6.03	48.18	13.09	110.08	26.20	95.99	67.30
71.61	2.44	42.01	33.62	95.99	67.30	38.85	78.07
89.51	1.07	17.00	39.00	38.85	78.07	17.11	57.07
107.41	0.44	7.49	28.51	17.11	57.07	6.99	36.44
125.31	0.18	3.06	18.20	6.99	36.44	2.91	21.45
143.21	0.08	1.27	10.71	2.91	21.45	1.21	12.06
161.12	0.03	0.53	6.03	1.21	12.06	0.50	6.59
179.02	0.01	0.22	3.29	0.50	6.59	0.20	3.52
196.92	0.01	0.09	1.76	0.20	3.52	0.08	1.85
214.82	0.00	0.04	0.93	0.08	1.85	0.03	0.96
232.72	0.00	0.01	0.48	0.03	0.96	0.01	0.50
250.62	0.00	0.01	0.25	0.01	0.50	0.00	0.25
268.53	0.00	0.00	0.13	0.00	0.25	0.00	0.13
286.43	0.00	0.00	0.06	0.00	0.13	0.00	0.06
304.33	0.00	0.00	0.03	0.00	0.06	0.00	0.03
322.23	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.02

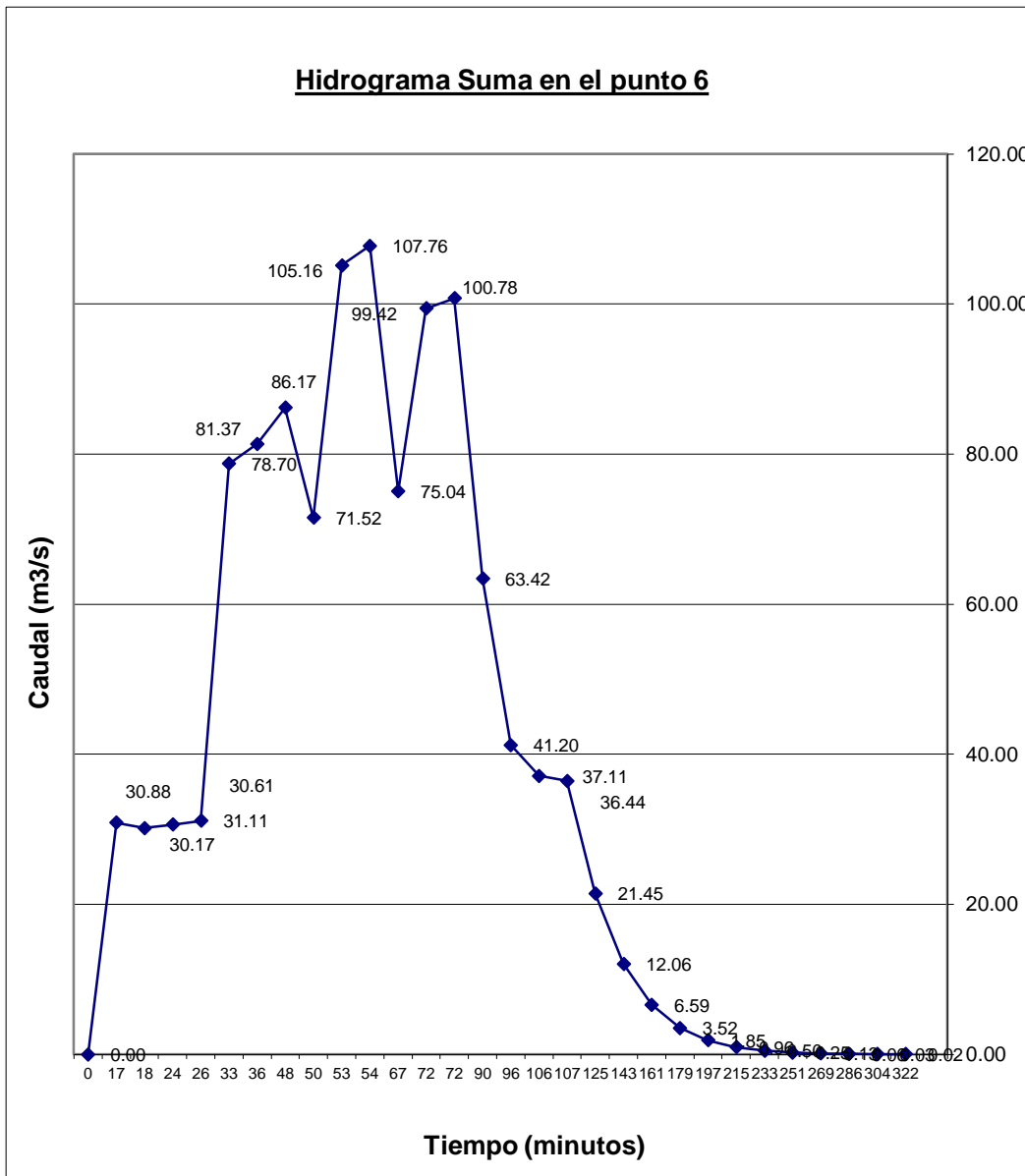
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Hidrograma Suma: Transitado del 3 al 4,5 y 6 e Hidrograma SC-6			
t	Hidrograma Transitado	Hidrogram de SC - 6	Suma
min	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
1	2	3	4
0.00	0.00	0.00	0.00
16.64	2.40	28.48	30.88
17.90	2.58	27.58	30.17
24.02	7.38	23.23	30.61
26.45	9.63	21.48	31.11
33.29	21.74	56.96	78.70
35.80	26.20	55.17	81.37
48.03	39.71	46.46	86.17
49.93	43.04	28.48	71.52
52.91	62.19	42.97	105.16
53.71	67.30	40.47	107.76
66.57	75.04	0.00	75.04
71.61	78.07	21.36	99.42
72.05	77.55	23.23	100.78
89.51	57.07	6.34	63.42
96.07	41.20	0.00	41.20
105.82	37.11	0.00	37.11
107.41	36.44	0.00	36.44
125.31	21.45	0.00	21.45
143.21	12.06	0.00	12.06
161.12	6.59	0.00	6.59
179.02	3.52	0.00	3.52
196.92	1.85	0.00	1.85
214.82	0.96	0.00	0.96
232.72	0.50	0.00	0.50
250.62	0.25	0.00	0.25
268.53	0.13	0.00	0.13
286.43	0.06	0.00	0.06
304.33	0.03	0.00	0.03
322.23	0.02	0.00	0.02

Fuente: Elaboración Propia

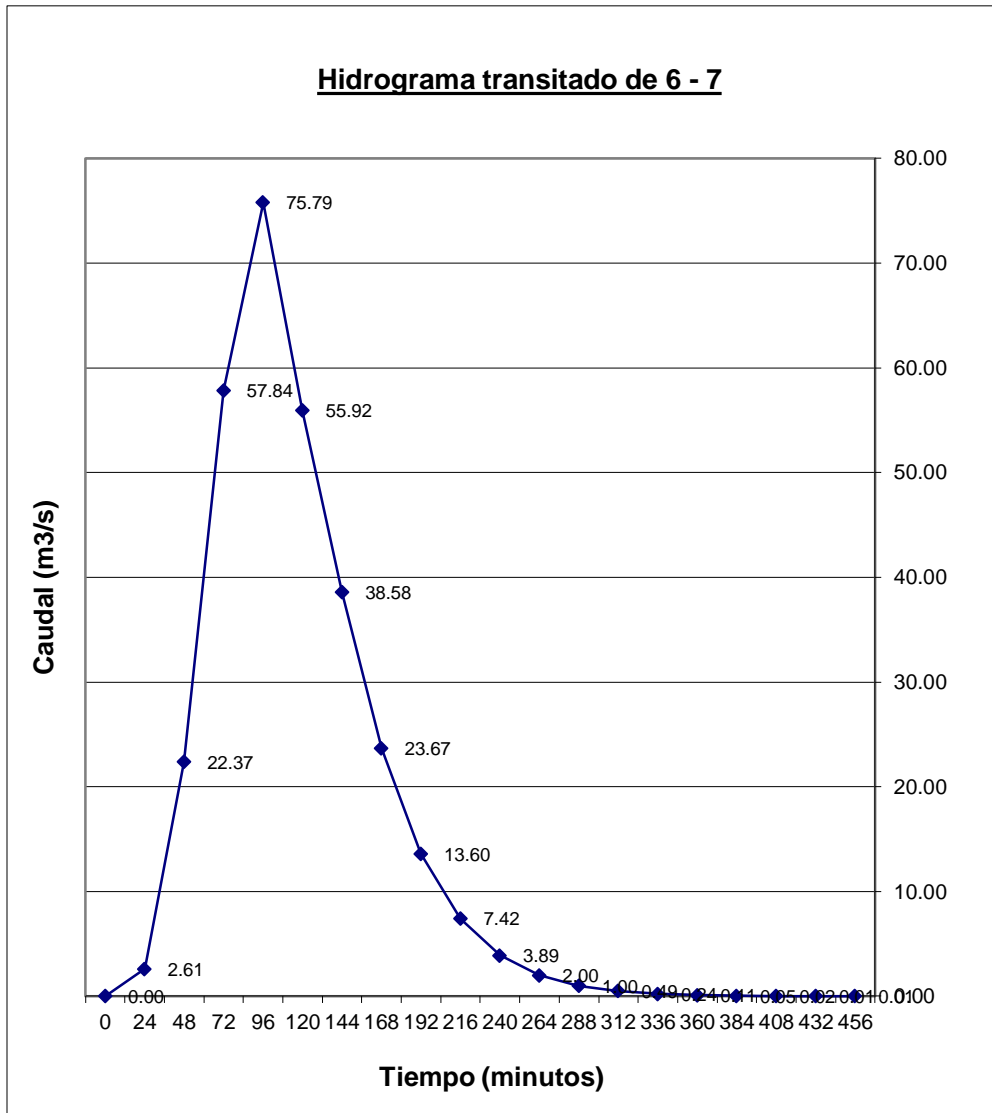


Fuente: Elaboración Propia

Calculo de Caudal en el Punto de Control 4

Hidrograma SC-6 en el punto 6 transitado al 7							
K=	40.96		t=	24.02			
C0=	0.0853	C1=	0.4512	C2=	0.4636		
t				Antes del trans		Momento del trans	
min	C0*I2	C1*I1	C2*O1	I1	O1	I2	O2
1	2	3	4	5	6	7	8
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24.02	2.61	0.00	0.00	0.00	0.00	30.61	2.61
48.03	7.35	13.81	1.21	30.61	2.61	86.17	22.37
72.05	8.59	38.88	10.37	86.17	22.37	100.78	57.84
96.07	3.51	45.47	26.81	100.78	57.84	41.20	75.79
120.08	2.20	18.59	35.14	41.20	75.79	25.83	55.92
144.10	1.01	11.65	25.93	25.83	55.92	11.79	38.58
168.11	0.46	5.32	17.89	11.79	38.58	5.39	23.67
192.13	0.20	2.43	10.97	5.39	23.67	2.30	13.60
216.15	0.08	1.04	6.30	2.30	13.60	0.93	7.42
240.16	0.03	0.42	3.44	0.93	7.42	0.39	3.89
264.18	0.01	0.18	1.80	0.39	3.89	0.16	2.00
288.20	0.00	0.07	0.93	0.16	2.00	0.06	1.00
312.21	0.00	0.03	0.46	0.06	1.00	0.02	0.49
336.23	0.00	0.01	0.23	0.02	0.49	0.00	0.24
360.24	0.00	0.00	0.11	0.00	0.24	0.00	0.11
384.26	0.00	0.00	0.05	0.00	0.11	0.00	0.05
408.28	0.00	0.00	0.02	0.00	0.05	0.00	0.02
432.29	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01
456.31	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01

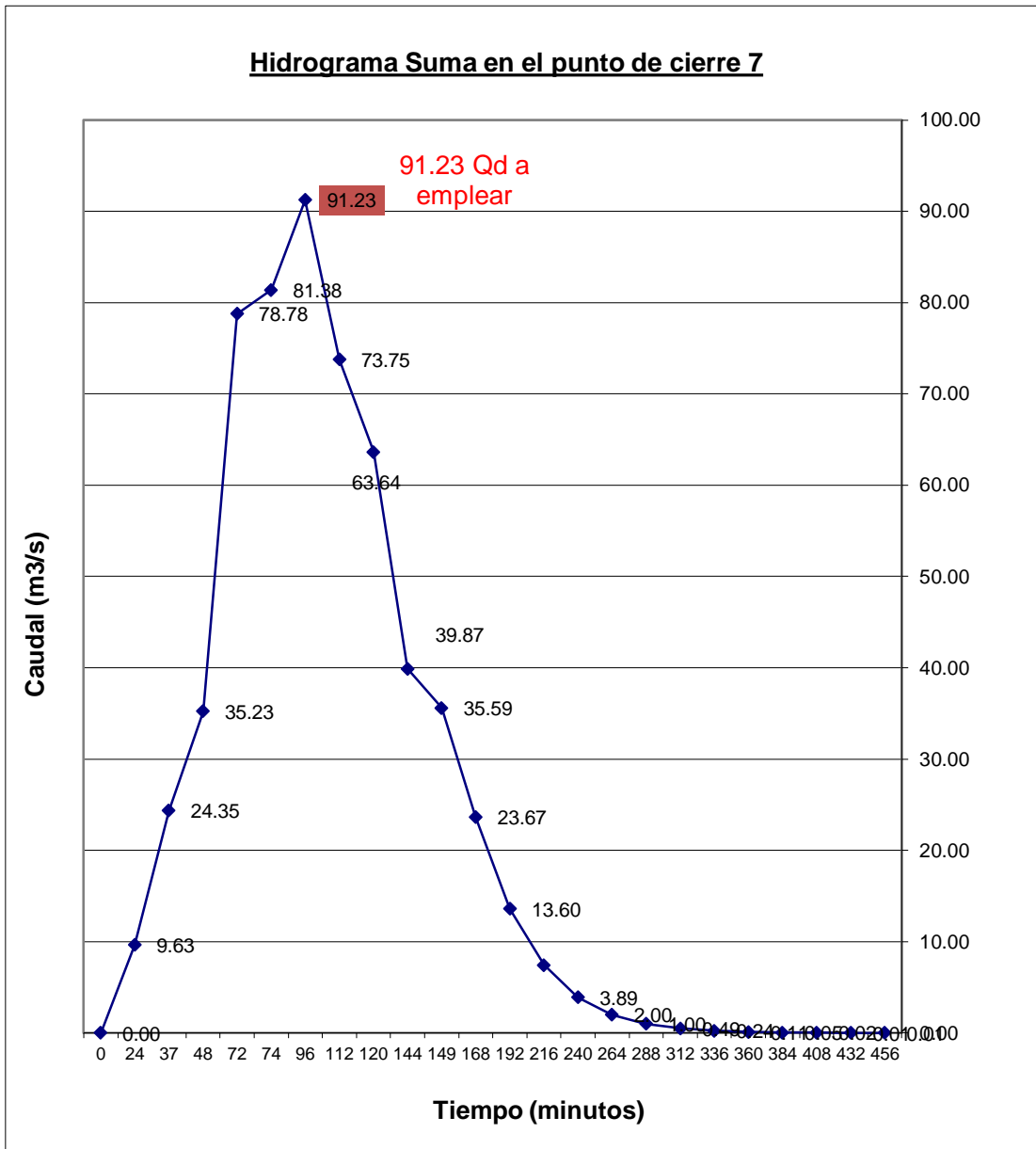
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Hidrograma Suma: Transitado del 6 al 7 y Hidrograma SC-7			
t	Hidrograma Transitado	Hidrogram de SC - 7	Suma
min	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
1	2	3	4
0.00	0.00	0.00	0.00
24.02	2.61	7.02	9.63
37.23	13.48	10.87	24.35
48.03	22.37	12.86	35.23
72.05	57.84	20.94	78.78
74.45	59.64	21.75	81.38
96.07	75.79	15.44	91.23
111.68	62.87	10.87	73.75
120.08	55.92	7.72	63.64
144.10	38.58	1.29	39.87
148.91	35.59	0.00	35.59
168.11	23.67	0.00	23.67
192.13	13.60	0.00	13.60
216.15	7.42	0.00	7.42
240.16	3.89	0.00	3.89
264.18	2.00	0.00	2.00
288.20	1.00	0.00	1.00
312.21	0.49	0.00	0.49
336.23	0.24	0.00	0.24
360.24	0.11	0.00	0.11
384.26	0.05	0.00	0.05
408.28	0.02	0.00	0.02
432.29	0.01	0.00	0.01
456.31	0.01	0.00	0.01

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

RESULTADOS HIDRAULICOS PUENTE RODEO GRANDE				
E.G. US. (m)	121.41	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	121.31	E.G. Elev (m)	121.41	121.4
Q Total (m ³ /s)	91.23	W.S. Elev (m)	121.31	121.3
Q Bridge (m ³ /s)	91.23	Crit W.S. (m)	120.23	120.23
Q Weir (m ³ /s)		Max Chl Dpth (m)	2.43	2.42
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	1.38	1.39
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m ²)	66.02	65.6
Weir Submerg		Froude # Chl	0.34	0.34
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m ³)	78.83	78.24
Min El Weir Flow (m)	123.22	Hydr Depth (m)	1.65	1.64
Min El Prs (m)	122.57	W.P. Total (m)	42.7	42.68
Delta EG (m)	0.02	Conv. Total (m ³ /s)	3066.7	3039.2
Delta WS (m)	0.02	Top Width (m)	40	40
BR Open Area (m ²)	116.27	Frctn Loss (m)	0.01	0.01
BR Open Vel (m/s)	1.39	C & E Loss (m)	0	0
Coef of Q		Shear Total (N/m ²)	13.42	13.58
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	18.54	18.89

Fuente: Elaboración Propia

RESUMEN DE VARIABLES DE RENDIMIENTOS HIDRAULICOS EN LAS DIFERENTES SECCIONES DEL CAUCE

HEC-RAS Plan: 02 River: Rio El Gallo Reach: Somotillo Profile: Tr = 50 Años												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m³/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Secciones	29	Tr = 50 Años	91.23	118.49	121.45		121.46	0.004%	0.37	241.36	105	0.07
Secciones	28	Tr = 50 Años	91.23	118.67	121.45		121.46	0.004%	0.37	237.16	104.39	0.08
Secciones	27	Tr = 50 Años	91.23	118.71	121.45		121.46	0.006%	0.45	198.83	89.48	0.09
Secciones	26	Tr = 50 Años	91.23	118.73	121.45		121.46	0.005%	0.42	197.27	90.5	0.09
Secciones	25	Tr = 50 Años	91.23	118.77	121.44		121.46	0.008%	0.49	172.46	90	0.11
Secciones	24	Tr = 50 Años	91.23	118.66	121.44		121.45	0.007%	0.5	182.81	86.83	0.1
Secciones	23	Tr = 50 Años	91.23	118.7	121.44		121.45	0.006%	0.49	190.94	92.23	0.1
Secciones	22	Tr = 50 Años	91.23	118.67	121.44		121.45	0.008%	0.52	176.24	88.09	0.11
Secciones	21	Tr = 50 Años	91.23	118.69	121.44		121.45	0.008%	0.54	178.99	102.74	0.11
Secciones	20	Tr = 50 Años	91.23	118.76	121.42		121.45	0.018%	0.65	138.28	86.08	0.16
Secciones	19	Tr = 50 Años	91.23	118.93	121.4		121.44	0.035%	0.83	108.56	79.9	0.21
Secciones	18	Tr = 50 Años	91.23	118.88	121.41		121.43	0.012%	0.58	166.09	110.15	0.13
Secciones	17	Tr = 50 Años	91.23	118.88	121.31	120.23	121.41	0.089%	1.4	66.02	40	0.34
Secciones	16.5	Tr = 50 Años	Puente									
Secciones	16	Tr = 50 Años	91.23	118.88	121.29		121.39	0.092%	1.42	65.2	40	0.34
Secciones	15	Tr = 50 Años	91.23	119.04	121.34		121.36	0.015%	0.55	172.49	134.18	0.14
Secciones	14	Tr = 50 Años	91.23	119.23	121.33		121.35	0.019%	0.62	155.1	124.34	0.16
Secciones	13	Tr = 50 Años	91.23	119.32	121.32		121.34	0.028%	0.66	139.28	120.21	0.18
Secciones	12	Tr = 50 Años	91.23	118.76	121.31		121.34	0.017%	0.64	144.18	93.01	0.15
Secciones	11	Tr = 50 Años	91.23	119.34	121.3		121.33	0.031%	0.85	115.46	94.53	0.21
Secciones	10	Tr = 50 Años	91.23	119.36	121.29		121.32	0.016%	0.85	112.62	90.35	0.22
Secciones	9	Tr = 50 Años	91.23	119.27	121.27		121.32	0.041%	0.93	98.8	69.72	0.23
Secciones	8	Tr = 50 Años	91.23	119.23	121.26		121.31	0.053%	0.96	97.44	77.98	0.26
Secciones	7	Tr = 50 Años	91.23	119.17	121.25		121.3	0.060%	1	93.54	78.39	0.27
Secciones	6	Tr = 50 Años	91.23	119.32	121.21		121.28	0.091%	1.17	78.63	69.98	0.33
Secciones	5	Tr = 50 Años	91.23	119.26	121.21		121.26	0.045%	0.89	98.97	75.23	0.24
Secciones	4	Tr = 50 Años	91.23	119.42	121.17		121.24	0.097%	1.24	77.49	76.61	0.35
Secciones	3	Tr = 50 Años	91.23	119.7	121.15		121.22	0.110%	1.17	77.85	71.13	0.36
Secciones	2	Tr = 50 Años	91.23	119.98	121.02		121.17	0.343%	1.76	52.81	68.59	0.61
Secciones	1	Tr = 50 Años	91.23	119.79	120.68	120.68	121.03	1.019%	2.62	34.81	50.55	1.01

Fuente: Elaboración Propia

DISTRIBUCION DEL FLUJO SOBRE CAUCE PRINCIPAL Y SOBRE LOS MARGENES DER. E IZQ. DEL CAUCE Y OTRAS VARIABLES												
HEC-RAS Plan: 02 River: Rio El Gallo Reach: Somotillo Profile: Tr = 50 Años												
Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m³/s)	Q Channel (m³/s)	Q Right (m³/s)	Top Width (m)	
Secciones	29	Tr = 50 Años	121.46	121.45	0.01	0	0	22.4	68.83		105	
Secciones	28	Tr = 50 Años	121.46	121.45	0.01	0	0	26.81	64.42		104.39	
Secciones	27	Tr = 50 Años	121.46	121.45	0.01	0	0	29.63	61.6		89.48	
Secciones	26	Tr = 50 Años	121.46	121.45	0.01	0	0	48.93	42.3		90.5	
Secciones	25	Tr = 50 Años	121.46	121.44	0.01	0	0	52.81	36.58	1.84	90	
Secciones	24	Tr = 50 Años	121.45	121.44	0.01	0	0	37.17	53.83	0.23	86.83	
Secciones	23	Tr = 50 Años	121.45	121.44	0.01	0	0	27.65	59.57	4.01	92.23	
Secciones	22	Tr = 50 Años	121.45	121.44	0.01	0	0	25.88	65.35		88.09	
Secciones	21	Tr = 50 Años	121.45	121.44	0.01	0	0	24.86	64.61	1.76	102.74	
Secciones	20	Tr = 50 Años	121.45	121.42	0.02	0.01	0	24.97	66.26		86.08	
Secciones	19	Tr = 50 Años	121.44	121.4	0.04	0	0.01	26.89	64.34		79.9	
Secciones	18	Tr = 50 Años	121.43	121.41	0.02	0.01	0.01	6.9	80.31	4.03	110.15	
Secciones	17	Tr = 50 Años	121.41	121.31	0.1	0	0		89.58	1.65	40	
Secciones	16.5	Tr = 50 Años	Puente									
Secciones	16	Tr = 50 Años	121.39	121.29	0.1	0.01	0.03		89.6	1.63	40	
Secciones	15	Tr = 50 Años	121.36	121.34	0.01	0.01	0		77.99	13.24	134.18	
Secciones	14	Tr = 50 Años	121.35	121.33	0.02	0.01	0	0	83.44	7.79	124.34	
Secciones	13	Tr = 50 Años	121.34	121.32	0.02	0.01	0		74	17.23	120.21	
Secciones	12	Tr = 50 Años	121.34	121.31	0.02	0.01	0	7.36	70.98	12.88	93.01	
Secciones	11	Tr = 50 Años	121.33	121.3	0.03	0	0	16.23	71.69	3.31	94.53	
Secciones	10	Tr = 50 Años	121.32	121.29	0.04	0.01	0	3.53	87.4	0.3	90.35	
Secciones	9	Tr = 50 Años	121.32	121.27	0.04	0.01	0	12.68	78.52	0.03	69.72	
Secciones	8	Tr = 50 Años	121.31	121.26	0.05	0.01	0	3.15	88.08		77.98	
Secciones	7	Tr = 50 Años	121.3	121.25	0.05	0.01	0	2.36	88.87		78.39	
Secciones	6	Tr = 50 Años	121.28	121.21	0.07	0.01	0.01	0.19	91.04		69.98	
Secciones	5	Tr = 50 Años	121.26	121.21	0.04	0.01	0	25.33	65.9		75.23	
Secciones	4	Tr = 50 Años	121.24	121.17	0.07	0.02	0	2.9	82.77	5.56	76.61	
Secciones	3	Tr = 50 Años	121.22	121.15	0.07	0.04	0.01		91.23		71.13	
Secciones	2	Tr = 50 Años	121.17	121.02	0.15	0.12	0.02		88.4	2.83	68.59	
Secciones	1	Tr = 50 Años	121.03	120.68	0.35				91.23		50.55	

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

1. Los resultados obtenidos en los cálculos hidrológicos, están en concordancia con las características de la cuenca hidrográfica del proyecto Estudio Hidrotécnico del Puente Rodeo Grande.
2. Las modelaciones y demás cálculos, evidencian que la estructura propuesta posee suficiente capacidad hidráulica para evacuar las avenidas del diseño.
3. Como se muestra en los resultados arrojados por el programa HEC- RAS, si se presentara el evento de diseño, la nueva obra garantizará un borde libre de **1.20 metros**, permitiendo el paso de cualquier objeto que arrastre la corriente sin poner en riesgo la estructura.

6.2. Recomendaciones

1. Como se realizó la caracterización de la cuenca como una unidad básica del estudio hidrotécnico, es recomendable tenerla muy en cuenta en el proceso de la construcción del proyecto, ya que en ella se presentan las características físicas de los materiales que la conforman, el área de la misma, el orden de las corrientes, las pendientes de la cuenca y los cauces.

2. Se recomienda tomar en cuenta los datos arrojados del caudal de diseño de las avenidas que generan las subcuencas en que fue dividida el área de drenaje, así a su vez dichos caudales se transitaron a la siguiente, hasta llegar al punto de concentración de cierre que es donde se emplazara el proyecto del puente.

3. También es muy recomendable que al momento de la construcción se conforme el cauce en las cercanías del puente para lograr una mejor estabilidad del flujo en las inmediaciones del cruce, así como también obedecer a los cálculos de la modelación hidráulica de este cauce que corresponden a un claro libre de 40 metros.

Bibliografía

1. Áreas de Catastro y Proyectos de la Alcaldía de Somotillo, Documento de Caracterización del Municipio de Somotillo.
2. Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal (INIFOM), Documento del Plan de Gestión de Riesgo Chinandega, Somotillo.
3. Instituto Nacional de Información y Desarrollo (INIDE), Documento Somotillo en Cifras.
4. Página Web (www.maplandia.com/nicaragua/chinandega/somotillo)
5. Castellón, O. (2015). La importancia de los puentes. Managua: McGraw Hill.
6. Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (SINAPRED), Documento de Memoria Técnica de Somotillo, Chinandega.
7. Apuntes de Hidrología o Hidrología aplicada Ven T. Show.