



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO



Facultad de Ingeniería Civil

Cuerpo Académico Gestión Integral del Agua

“Estudios Básicos para el Aprovechamiento de los Recursos Hídricos
con fines de Riego en la comunidad de El Naranjo de Chila en el
municipio de Aguililla Michoacán”.

Tesis

Presenta

Iván González Arreguín

Para obtener el título de

INGENIERO CIVIL

Asesor

Constantino Domínguez Sánchez

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Tesis apoyada por:



Morelia, Michoacán, febrero de 2016

AGRADECIMIENTOS

A mis Padres:

El Señor Efraín González Vargas y la Señora Marina Arreguín Aguilar, por su amor para darme apoyo incondicional, su confianza y su dedicación para estar conmigo todo el tiempo y darme todo para mi desarrollo personal y profesional, por sus consejos para seguir por el buen camino e inculcarme valores, por inspirarme para seguir sus pasos, con una actitud siempre de trabajo y servicio.

A mis Hermanos:

El Lic. Noé González Arreguín, el Lic. Efraín González Arreguín y Mariela González Arreguín, por apoyarme en todo momento, por brindarme su amistad y comprensión.

A mi Padrino y Asesor:

El Doctor Constantino Domínguez Sánchez por apoyarme en el desarrollo de este proyecto, por impulsarme siempre hacia adelante a dar lo mejor de mí, por preocuparse por sus alumnos siempre, para que aprendan lo máximo posible y su entrega a la docencia para transmitirnos todos sus conocimientos.

A mi Madrina y Tutora:

La Doctora Sonia Tatiana Sánchez Quispe por guiarme a través de mi carrera, siempre buscando lograr que explote lo mejor de mí, su preocupación y dedicación con sus alumnos y tutorados para guiarnos profesionalmente por el buen camino.

Al Grupo Académico” Gestión Integral del Agua”, Servicio Social, Laboratorio y Departamento de Hidráulica:

Por su apoyo y colaboración para la realización de esta tesis.

A mi novia

Cristina Castañeda Hernández por apoyarme en todo momento y servirme de motivación para seguir adelante.

A CECTI (Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología):

Por creer en este proyecto y apoyarlo.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.- Época prehispánica	2
1.2.- Primeras excavaciones.....	2
1.3.- Las haciendas y sociedades.....	4
2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	8
2.1.-OBJETIVOS.....	9
2.1.1.-Objetivo general:.....	9
2.1.2.-Objetivos específicos:.....	9
2.2.-UBICACIÓN GEOGRÁFICA, SOCIAL Y ECONÓMICA DEL MUNICIPIO....	9
2.2.1.-Ubicación Geográfica	9
2.2.2.-Macrolocalización.	10
2.2.3.-Macrolocalización.	10
2.2.4.-Estructura política	11
2.2.5.-Topografía	14
2.2.6.- Geología	14
2.2.7.- Hidrografía y orografía.....	15
2.2.8.-Climatología.....	15
2.2.9.- Flora	15
2.2.10.- Fauna.	16
2.2.11.-Ambiente Socioeconómico	16
2.2.12.-Estudio Hidrológico.....	17
3. DETERMINACIÓN DE VOLÚMENES Y DEMANDAS.....	38
3.1.-DEMANDAS.....	38
3.1.1.- Evapotranspiración o uso consuntivo	38
3.2.- Superficies de Riego.....	48
3.3.- Determinación de Volúmenes.....	49
3.3.1- Nivel de Aguas Mínimo (NAMIN)	52
3.3.2.- Nivel de Aguas Máximo Ordinario (NAMO)	55
3.3.3- Nivel de Aguas Máximo Extraordinario (NAME)	58
3.3.4.- Bordo libre	60

4. DISEÑO DE LA PRESA Y DE LA INFRAESTRUCTURA DE RIEGO	64
4.1.- Infraestructura de Riego.	64
4.1.1. Diseño de canales	64
4.2.- DISEÑO DE LA PRESA.....	81
4.2.1.- Diseño del perfil del cimacio vertedor	81
4.2.2.- Determinación de las fuerzas actuantes.....	83
4.2.3.- Revisión de las condiciones de seguridad.....	89
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	93
ANEXOS	96
BIBLIOGRAFÍA	119

RESUMEN

El Naranjo de Chila es una comunidad ubicada en el municipio de Aguililla, en el estado de Michoacán, la cual se ha identificado que cuenta con un rezago económico debido a la falta de infraestructura, se encuentra cerca del margen del Río Chila, perteneciente a la cuenca del río Tepalcatepec, perteneciente a la región Hidrológica Administrativa No. 4 del Balsas, este río pese a ser perenne, en la época de estiaje presenta un flujo de agua pequeño, insuficiente para el riego de una superficie de 3300 hectáreas, con terrenos con un gran potencial de producir y generar una cantidad importante de empleos. Para lo cual se plantea realizar una obra de almacenamiento de agua, la cual reunirá un volumen basto para las necesidades de la zona durante la época de lluvias para ser usado durante todo el año y convertir las tierras de temporal en una importante zona de riego.

El procedimiento a seguir es, primero con Sistemas de Información Geográfica (Arc-View) definir las características geomorfológicas de la cuenca, seleccionar un grupo de estaciones climatológicas cercanas con un periodo confiable de datos y extraer información de precipitaciones para realizar el estudio hidrológico, en el cual se determina un numero de escurrimiento y un coeficiente k, en función de los usos y tipos de suelo de la cuenca, así como de sus pendientes procedimiento realizado de acuerdo a la NOM-011-CNA-2015 (CONAGUA, 20 (CONAGUA, 2015)15), se aplica la fórmula de Taylor y Schwarz para la obtención de la pendiente media de la cuenca, se realizaron Polígonos de Thiessen e Isoyetas para la determinación de un volumen de escurrimiento medio anual con fórmula obtenida de la misma norma mencionada anteriormente, lo siguiente es, obtener los hidrogramas de salida para diferentes tiempos, con ayuda del software Hec-Hms.

Posteriormente se obtienen los usos consuntivos para cinco cultivos diferentes que se producen en la zona (cítrico, plátano, pastos, mango y jitomate) por medio de tres métodos diferentes (Thorntwaite, Blaney y Criddle y Penman-Monthheit) (Aparicio Mijares, 2012) eligiendo para continuar nuestro estudio los valores obtenidos por Penman-Monthheit (FAO, 2006) por contener un mayor número de variables. Se obtienen las curvas características por medio de topografía obtenida de INEGI y los volúmenes característicos calculado el NAMIN, NAMO, NAME y finalmente la altura de la Corona.

Finalmente se calcula una presa de gravedad dimensionándola de tal manera que cumpla con las distintas condiciones de seguridad y sus combinaciones de carga.

Palabras Clave:

Chila, Aprovechamiento, Hidrológico, Economía, Desarrollo

ABSTRACT:

Naranjo de Chila, Aguililla is a town in Michoacán state, it has identified by an economic backwardness for the lack of infrastructure, it is located nearby bank of the River Chila, it belongs in the river basing Tepalcatepec, that belongs to hydrological administrative region Number 4th from Balsas. This River, despite being perennial, in drought season has a small water flow, and it isn't enough for irrigation of a surface about 3300 hectares, this area is capable of producing and generate many employees. For this reason, it is planned to build a water storage, which would lodge an enough volume of water to cover the needs of the year, and convert this lands in an important irrigation zone.

The process starts defining the basing geomorphological characteristics with a Geographic Information System (Arc-View), forward, select a near group of climatologic stations with a reliable period of dates, and get information about rain for the hydrological study, which is determined the coefficient "k" and number of runoff, that depends of use and soil type of ground and the slopes. This process is done with the NOM-011-CONAGUA-2015 (CONAGUA 2015), using the formula of Taylor and Schwartz it is able to obtain average slope; after perform Thiessen polygons and isohyets to get average annual runoff volume with a process of NOM-011-CONAGUA-2015 (CONAGUA, 2015). The next step is generate the hydrographs for the different period returns with the software HEC-HMS.

After that, it is necessary to calculate the consumptive use for five different selected crops which are produced in this area (citric, bananas, tomatoes, mangoes and pastures) by three different methods (Thorntwaite, Blaney & Criddle and Penman-Montheit) (Aparicio Mijares, 2012). It was chosen the Penman-Montheit method for the next calculations, because this method contains more variants. Then get characteristic curves with the topography got by INEGI, and the characteristics volume (Minimum Water Level), (Ordinary Maximum Water Level), (Extraordinary Maximum Water Level) and Crown.

Finally I calculate a gravity damm verifying that complies with the security conditions and charge combinations.

1. INTRODUCCIÓN

Aguililla, significa el hecho que Juan Pablo refiriera al Apóstol de Tierra Caliente "Fray Juan de Moya", que un águila le dejara marcada la cara con sus garras al haberlo levantado de su cuna, pero a los gritos del niño acudieron unas aguilillas en su defensa, logrando que el águila real lo dejara caer suavemente sobre la paja. Después de haber escuchado con atención a Juan Pablo, hecho hombre de unos 40 años, el sacerdote habló ante todos los presentes y dijo: "por tan singular suceso, este lugar de Los Terreros, en adelante, se llamará Aguililla". Se carecen de datos precisos en cuanto a la fecha precisa, los nombres que ha tenido este lugar son Aguililla de Iturbide en 1859; Aguililla de Sánchez Tapia, cuando es elevado a la categoría de municipio. El pueblo de Aguililla, es relativamente moderno. Se formó después de consumada la Independencia de México, fundándose el primer tercio del siglo XIX a raíz de la emigración de diversas familias procedentes de Zamora y Cotija principalmente, las cuales se establecieron en una hacienda propiedad de Doña María Josefa del Peral, con el objeto de impulsar el desarrollo de la agricultura y la ganadería.

El pueblo en un principio, sólo fue una congregación de escaso vecindario, aumentando la población con el correr de los años, al grado de que, para el año de 1831, la Ley Territorial del 10 de diciembre lo considera como una tenencia del municipio de Apatzingán. En 1854, fue atacado e incendiado por el guerrillero republicano Pascual Rodríguez Pinzón.

Durante la gubernatura del Gral. Epitacio Huerta, el Congreso del Estado expidió un decreto el 17 de febrero de 1859, elevándolo a la categoría de pueblo con el nombre de Aguililla de Iturbide, en memoria del valiente militar Don Andrés de Iturbide, quien murió durante la Guerra de Reforma defendiendo la Constitución. Aguililla finalmente, es constituido en municipio con cabecera del mismo nombre, el 22 de junio de 1877.

Personajes ilustres

- Abel Alcaraz Pallares (1906).
- Santiago Tapia (1820-1866).
- Rafael Sánchez Tapia. (1887), general.

Cronología de hechos históricos

Tabla1. Cronología de hechos históricos referentes al municipio de Aguililla.

AÑO	ACONTECIMIENTOS
1854.	El pueblo de Aguililla es quemado por el guerrillero Pascual Rodríguez Pinzón.
1859.	El 17 de febrero, se eleva a categoría de pueblo la congregación de Aguililla.
1877.	El 22 de junio, se le otorga el título de municipio.

(Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, 2015)

Nuestro proyecto será planteado en la población del Naranjo de Chila es una Tenencia perteneciente al municipio de Aguililla, no obstante, fue considerada como una Hacienda de Apatzingán, aparte de que la población se encuentra en la zona de Tierra Caliente.

1.1.- Época prehispánica

Las pruebas existentes tanto arqueológicas como lingüísticas indican que la ocupación de Apatzingán estuvo caracterizada por incursiones sucesivas de diversos pueblos los cuales en ciertas épocas alcanzaron la unidad política y cultural.

1.2.- Primeras excavaciones

Carl sofus Lumholtz tocó Tierra Caliente por Tepalcatepec, pero después continuó sus investigaciones por Peribán y Parangaricutiro sin penetrar la zona de Apatzingán. En 1904, Pepper excavó dos montículos en San Antonio (hacienda de California) y publicó un breve informe. Luego John Goggin realizó sondeos en Apatzingán y Tepalcatepec sobre la cuenca del Río Balsas emprendido por esa institución.

Durante los años de 1941 y 1942, Isabel Kelly realizó su trabajo de campo en la región de Apatzingán (desde mediados de diciembre de 1942). Durante las primeras dos semanas se realizaron sondeos de superficie guiados por Pablo Frich y una lista de sitios proporcionados por Goggin, restringido a las inmediaciones de Apatzingán.

Se definieron los complejos culturales de las cerámicas halladas luego se acomodaron en secuencia cronológica. Se encontró el detritus de varios complejos en depósitos estratificados. En muchos sitios el tepetate subyacente sale a la superficie y en otros es de profundidad. El mejor prospecto fue el borde del Río grande donde el abastecimiento de agua fuera lo más favorable para facilitar el

asentamiento. En la ribera sur, debajo de la intersección con el río **Chila hay restos de dos aldeas**. En una se encuentran esparcidas varias yácatas, mientras que el otro tiene el montículo más alto de la zona. Son de fases cerámicas distintas y están adyacentes no obstante no tienen punto de traslape físico. Existe cierta posibilidad de que el cinturón húmedo al oeste de Apatzingán (desde Jalapan hasta la hacienda de California) tenga sitios extensos con restos estratificados.

Los términos fase, complejo u horizonte son empleados como sinónimos distinguidos por los nombres geográficos locales, acomodados a los cambios en la secuencia cronológica.

Los orígenes de la civilización humana en Apatzingán se remontan hacia el periodo Pleoindígena Michoacano. Existe presencia cultural desde mediados del tercer milenio a.C., como lo indican las cuevas localizadas en el Caprio y en el Cerro de la Cabra de San José Nuevo, de éste municipio. Donde existen vestigios de pinturas rupestres con imágenes de humanos en cacería, danzantes alrededor del dios Sol y otras imágenes geométricas después de la zona fue habitada por tribus llamadas “Olmecas Aldeanos” (posteriores a los Olmecas Antiguos), al desaparecer éstos ocuparon su sitio los “Opeños”. Éstas fueron las culturas del Preclásico y se dividen en varias etapas, que comprenden desde el 1800 a.C. hasta el 200 d.C., entre estas también destacó la cultura de “Chumbúcuaro” localizada en los llanos de Apatzingán, que abarcaba las Delicias, antes el Pataco, los Tepetates y **Chila** que florecieron entre el siglo 2 a.C. y el 1 d.C. En el cerro de Arapahita (del purépecha “cerro de piedras”), nombre antiguo, se localiza una zona arqueológica de dicho horizonte arqueológico. Hicieron excavaciones y estudios en esta zona los investigadores norteamericanos Noguera y Goggin e Isabel Kelly.

Kelly en su investigación definió varios complejos cerámicos de diverso orden cronológico; al horizonte Posclásico corresponde al denominado Chila, entre 1100 d.C. y la llegada de los españoles. La cultura material asociada incluyó conchas y caracoles, también los entierros humanos que corresponden a inhumaciones “flexionadas y sedentes. A menudo con un área circular de ceniza clara bajo la pelvis”, orientadas hacia el norte, oeste o noroeste. Sus ofrendas fueron depositadas al norte, noroeste o noreste del cuerpo, consistieron en vasijas y figurillas cerámicas, objetos de cobre y de piedra. La evidencia disponible reveló que las conchas marinas tienen una clara relación con las sociedades prehispánicas del Posclásico en el occidente de México. Se hallaron vasijas con vertedera y tazones miniatura de tres soportes o trípodes.

El trabajo se concentró en el municipio de Apatzingán moderno, y uno de los sitios excavados más importantes se encuentra en las tierras de la **Hacienda de Chila, que se inscribe oficialmente en el territorio de Aguililla**. El sondeo maestro

incluye una serie de sitios en los municipios de Buenavista Tomatlán y Tepalcatepec menos Parácuaro. Se hace referencia a la zona de Apatzingán específicamente más pequeña que el ex distrito del mismo nombre. La provincia arqueológica puede ser considerablemente mayor, pero por falta de información, sus límites no pueden ser especificados. Las colecciones de tiestos pequeños hallados en Tepalcatepec indican que la frontera occidental de tierra caliente difiere culturalmente entre sí.

Toda la cerámica local parece que ha sido hecha por el método de embobinado, a excepción de algunos frascos que, evidentemente, se formaron en moldes horizontales tal vez en el periodo de la Conquista.

La nomenclatura ha sido un problema. Lo que seguramente es una cerámica única puede ser lisa o sin engobe, y el color de la superficie puede variar a partir de naranja a rojo. Una fase de utilización del tepetate a lo que se aplica fue designada como “molcajetes de San Vicente” con frecuencia tiene el borde interior pintado de rojo. Del mismo modo, en el complejo de Chila, que ha sido imposible encontrar un nombre de aplicación general a la cerámica policromada designada como Chila. Este último distingue tres subtipos, pero estrechamente relacionados. De estos, dos son de color negro pintado en rojo y blanco, pero el tercero es negro en rojo, por lo tanto, técnicamente no es policromada. No es aconsejable dividir esta cerámica en tres entidades separadas, ya que con tiestos pequeños o con fragmentos de la base, los subtipos no son reconocibles. (Salas López, 2012, pp. 13-16)

1.3.- Las haciendas y sociedades

En 1889 en cuanto a propiedad privada rustica había 22 haciendas y 469 ranchos. El promedio de tierra fue de 8871 has/propietario, (207 caballerías) en 1889, según la memoria de Francisco Pérez Gil. También contaban como propietario las agrupaciones ejidales.

Gracias al clima caliente seco y agua disponible en la región desde el siglo XVII fue muy propicio el cultivo del arroz. La memoria de 1889 reportó 17 haciendas con dicho cultivo cerca del paradero 19 norte. La producción varía de 50 a 3000 “cargas” (7-414 ton) por hacienda. La productividad oscila entre 100 a más de 500 por hectárea de riego. El número de cabezas de ganado en Apatzingán fue 65000 de 439, 720 a nivel estatal. Su cuantía por unidad va de 25 a 6000 cabezas por hacienda de rancho.

Los Cusi construyeron los primeros sifones en México, puestos en servicio en los años 1902, 1903 y 1910, para transportar el agua por las barrancas Honda y del Márquez. Fueron diseñadas por Eugenio Cusi en el primero se hizo una ampliación por ello abarcó dos años y sirvió para regar 12000 hectáreas de cultivo de arroz, el

sifón del Márquez terminado en 1910, en un principio regó 1500 hectáreas las que fueron aumentando durante la preparación de los llanos de Antúnez.

A la compra que hizo Dante de la hacienda de la Zanja, le cambio el nombre por el de su tierra natal, Lombardía en cuyos terrenos se encontraba el rancho de santa Casilda, donde encontraron una encomienda, ahí construyo un acueducto que transportaba en líquido hacia grandes ruedas de madera que accionaban unos cilindros metálicos para moler la caña y fabricar el piloncillo.

Núm.	Nombre	Ubicación	Extensión	Propietario
36	Chila			
37	Capitán	Apatzingán	116,574	Antonio Sierra
38	Santa Rita	Apatzingán	21,397	Cipriano Mendoza
39	Guadalupe	Apatzingán	21,500	Francisco Rocón
40	Juaco	Apatzingán	12,028	Miguel Díaz Barriga
41	La Huerta	Apatzingán	29,956	Peño Cueto
	Españita	Apatzingán	64,192	Ramón Ramírez
42	Los Rancos	Apatzingán	43,865	Antonio Treviño
43	Caneta	Apatzingán	21,297	Francisco Farías
44	Ujpero	Apatzingán	14,226	Manuel Treviño
45	Zirapitiro	Apatzingán	21,397	Antonio Alvarez
46	Parandán	Apatzingán	19,257	Manuel Gómez
47	San Isidro	Apatzingán	12,828	Alcórca y Jiménez
48	Guerrero	Apatzingán	14,968	José María Solórzano
49	Aguililla	Apatzingán	142,397	José Farías
50	Trojes	Apatzingán	70,184	José María Mendoza
51	Huahuatlán	Apatzingán	61,411	Esteban Morales
52	Cupudo	Apatzingán	8,559	Epifanio Cabrera
53	El Tesorero	Apatzingán	22,253	Félix Bárcena

Imagen 1.- Latifundios de Apatzingán, principios del siglo XX (Salas López, 2012)

En la imagen se observan los latifundios que se encontraban en Apatzingán, se observa en primer lugar de la lista a Chila, la cual es de las más extensas, teniendo como propietario a Antonio Sierra (Salas López, 2012, pp. 87-89).

Como los avances tecnológicos son imprescindibles para el progreso regional, se instala la electricidad en la ciudad de Apatzingán en 1942, el gral. Lázaro Cárdenas inaugura de manera oficial de la prolongación de la vía del tren Uruapan-Apatzingán, es decir la línea ferroviaria Caltzontzin- Apatzingán. El tren pinto entro de reversa porque aún no se terminaba la “Y” para cambio de vías. La vía férrea incorporó el transporte masivo mercantil y humano de la ciudad, la entrada del ferrocarril se convirtió en el punto de arranque de la modernidad; miles de cajas de melón salían diariamente, el pasaje se incrementó por la cantidad de braceros nacionales que llegaban a las pizcas de algodón y cosechas frutales, este fue el auge económico más grande que ha tenido Apatzingán.

No obstante, llegó la crisis económica, y con ella la corrupción y el tráfico de drogas, por las persecuciones a los delincuentes la mayor parte de los ejidatarios dejaron sus parcelas, el campo se convirtió en páramo. El tren duró cincuenta y seis años, a partir del mismo año 1942 Apatzingán se comunica por correo y telégrafo con los pueblos de la región (Salas López, 2012, p. 116)

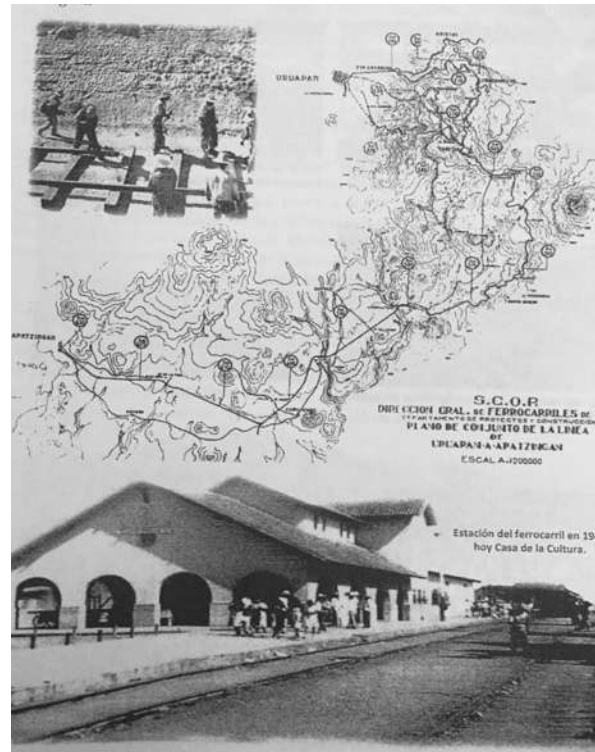


Figura 2.- Imagen creada por la SCOP, estación de Ferrocarril de Apatzingán en 1948, hoy Casa de la Cultura. (Salas López, 2012, p. 117).

En el presente proyecto de tesis se presenta la propuesta de una obra para aprovechar los recursos hidráulicos que nos provee la cuenca del Río Chila que desemboca en el Río Tepalcatepec con fines de riego, con la finalidad de proveer la población del Naranjo de Chila municipio de Aguililla de mejores empleos y oportunidades para el desarrollo.

En el Capítulo 2, se presenta como Antecedentes y Justificación, los objetivos del proyecto, donde se hace notar la importancia de mi proyecto, después se habla acerca de la ubicación, donde se explica donde se puede encontrar la población, entre que municipios se encuentra, se habla de la estructura política que vive así como las características del terreno como lo es su topografía, geología, las especies que pueden encontrarse en la zona tanto flora como fauna, se habla un poco el ambiente socioeconómico que se vive en la actualidad particularmente en la

sociedad y generalmente en la región y finalmente en este capítulo puede encontrarse todo el estudio hidrológico, donde se aplica la metodología con el objetivo de obtener el escurrimiento superficial que se puede encontrar en el punto de salida de la cuenca para conocer y proyectar los alcances y capacidades de nuestra obra a dimensionar.

En el Capítulo 3 se determinan las demandas de acuerdo a las necesidades hídricas de las plantas que serán sembradas en los terrenos de cultivo aguas abajo de mi presa, recordando que en este momento esos terrenos son de temporal solamente, para de acuerdo a esas demandas, poder calcular los volúmenes correspondientes característicos de la presa y de acuerdo a las curvas características, dimensionar nuestra presa.

En el capítulo 4 se realiza el pre-dimensionamiento de mi presa de acuerdo a los niveles característicos calculados para lograr la estabilidad de la misma y el diseño de la red de canales que dotará nuestros predios del agua suficiente para que las plantas realicen sus funciones fisiológicas.

2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

El Naranjo de Chila es una comunidad ubicada en el municipio de Aguililla, la cual se ha identificado que cuenta con un rezago económico debido a la falta de infraestructura, se encuentra en el margen del Río el Pino, el cual pese a ser perenne, en la época de estiaje presenta un flujo de agua pequeño, insuficiente para el riego de una superficie aproximada de 3000 hectáreas, tomando en cuenta otras comunidades aledañas a esta población, con terrenos con un gran potencial de producir y generar una cantidad importante de empleos. Para lo cual se plantea realizar una obra de almacenamiento de agua, la cual reunirá un volumen basto para las necesidades de la zona durante la época de lluvias para ser usado durante todo el año y convertir las tierras de temporal en una importante zona de riego, para lo cual también se diseñará una red de canales de para hacer llegar el caudal requerido a los predios.

La comunidad de El Naranjo de Chila, ubicada en el municipio de Aguililla Michoacán, cuenta con un rezago en su desarrollo, una limitada infraestructura, además de tener un alto índice de analfabetismo y una baja escolaridad por parte de sus habitantes, aun así, cuentan con un panorama favorable y un gran potencial en aspectos tales como:

1. Ubicación geográfica: La comunidad se encuentra cerca de otras que también pueden llegar a ser beneficiadas con este proyecto, como lo son, San José de Chila, El Aguaje, El Limoncito, La Alberca, La Nopalera y El Llano Grande, además de encontrarse a escasos 55 kilómetros de Apatzingán Michoacán, población que está teniendo gran auge en la Agroindustria y exportación de productos agrícolas en los últimos años.
2. Hidrografía: las localidades se ubican en la margen del río Chila, el cual dado que es perenne, en la época de estiaje tiene un flujo pequeño de 2 a 3 metros cúbicos por segundo el cual es poco utilizable para riego.
3. Topografía: se cuenta con una considerable zona en planicie para desarrollo agrícola de aproximadamente 3 000 hectáreas, que si bien ya se usa, no se aprovecha en todo su potencial, ya que su producción solamente es de temporal.
4. Situación económica: la economía de esta región puede despegar con la adecuada infraestructura y gestión de sus recursos, generando empleos y mejorando las condiciones de vida de sus habitantes.

El sector agrícola en Michoacán cuenta con una larga tradición representa el 18 % de la superficie del estado, corresponden 43% de riego y el 57 % restante es de temporal. La productividad económica de la superficie de temporal es de 14.6 mil pesos /ha, en tanto que la de riego es de 34.3 mil pesos /ha. El municipio de Aguililla tiene vocación agrícola en el mismo se cultiva jitomate, el propósito de la presente propuesta es generar los estudios básicos que permitan desarrollar la infraestructura de almacenamiento y riego para aumentar el rendimiento por hectárea y el bienestar de la comunidad.

Si bien este tipo de estudios podría llevarlos a cabo las dependencias de Gobierno particularmente la Comisión Estatal de Agua y Gestión de Cuencas, lo cierto es que no cuenta con el personal suficiente para realizarlo de ahí la contribución de esta propuesta.

2.1.-OBJETIVOS

2.1.1.-Objetivo general:

1.-Determinar el escurrimiento superficial con fines de aprovechamiento agrícola, para el desarrollo de la comunidad del Naranjo de Chila.

2.1.2.-Objetivos específicos:

1. Proponer un modelo de irrigación que aproveche al máximo la disponibilidad hídrica de la cuenca y explote las características topográficas favorables para cultivo.
2. Pre-dimensionar una presa de gravedad que almacene los volúmenes de agua requeridos.

2.2.-UBICACIÓN GEOGRÁFICA, SOCIAL Y ECONÓMICA DEL MUNICIPIO.

2.2.1.-Ubicación Geográfica

La cabecera municipal del municipio es Aguililla se localiza al sudoeste del Estado, en las coordenadas 18°44' de latitud norte y en los 102°47' de longitud oeste a una altura de 920 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Buenavista, al este con Apatzingán y Tumbiscatío, al sur con Arteaga, al noroeste con Tepalcatepec y al oeste y sudoeste con Coalcomán. Su distancia a la capital del Estado es de 290 kms. (Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, 2015)

2.2.2.-Macrolocalización.

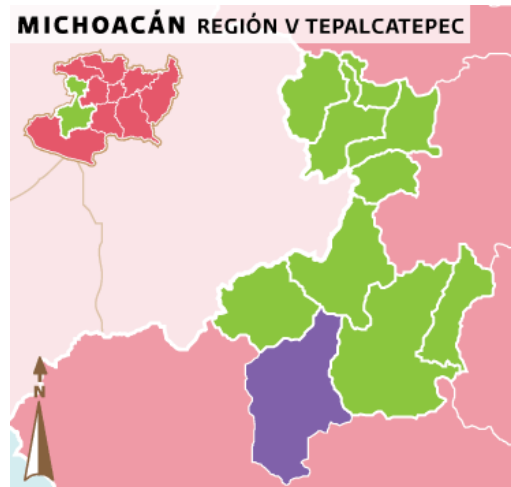


Figura 3.- Macrolocalización (Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, 2015)

2.2.3.-Macrolocalización.



Figura 3.- Macrolocalización (Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, 2015)

La población del Naranjo de Chila se encuentra en el municipio de Aguililla tiene una superficie de 68 hectáreas tiene una población de 712 habitantes en las coordenadas $18^{\circ}55'12''$ de latitud norte y en los $102^{\circ}37'17''$, se ubica al noreste del municipio, en los límites con el municipio de Apatzingán, al este se encuentra la población de San José de Chila, al oeste la población del Naranjo Viejo y al norte se encuentra la población de la Alberca, se encuentra a 55 km de Apatzingán y a 38 km a su cabecera municipal, Aguililla.

2.2.4.-Estructura política

Hablando del municipio de Aguililla, tiene como principales localidades:

Aguililla. Es la Cabecera municipal, su principal actividad económica es la agricultura, maderería y ganadería. Su distancia a la capital del Estado es de 290 km. Su población es de 9,009 habitantes.

El Naranjo. Su principal actividad económica es la agricultura, maderería y ganadería. Su distancia a la cabecera municipal es de 38 km. Su población es de 712 habitantes.

El Aguaje. Su principal actividad económica es la agricultura y ganadería. Su distancia a la cabecera municipal es de 40 km. Su población es de 482 habitantes.

Naranjo Viejo. Su principal actividad económica es la agricultura, maderería y ganadería. Su distancia a la cabecera municipal es de 30 km. Su población es de 296 habitantes.

El Limoncito. Su principal actividad económica es la agricultura y ganadería. Su distancia a la cabecera municipal es de 18 km. Su población es de 194 habitantes.

El Rodeo. Su principal actividad económica es la agricultura, maderería y ganadería. Su distancia a la cabecera municipal es de 20 km. Su población es de 120 habitantes.

Ayuntamiento

Presidente Municipal

- 1 Síndico
- 4 Regidores de Mayoría Relativa
- 3 Regidores de Representación Proporcional

Principales comisiones del ayuntamiento:

- De Urbanismo 1er. Regidor.
- Agropecuaria y Pesca 2o. Regidor.
- De Educación y Cultura 3er. Regidor.
- De Planeación y Programación 4o. Regidor.
- De Industria y Comercio 5o. Regidor.
- De Salubridad y Asistencia 7o. Regidor.

Secretaría del Ayuntamiento. Sus funciones son: Secretario de Actas del Ayuntamiento, Atención de Audiencia, Asuntos Públicos, Junta Municipal de

Reclutamiento, Acción Cívica, Jurídico y Aplicación de Reglamentos, Archivo y Correspondencia, Educación, Cultura, Deportes, Salud y Trabajo Social.

Tesorería. Sus funciones son: Ingresos, Egresos, Contabilidad, Auditorías Causantes, Coordinación Fiscal, Recaudación en Mercados y Recaudación en Rastros.

Obras Públicas. Sus funciones son: Parques y Jardines, Edificios Públicos, Urbanismo, Mercados, Transporte Público, Rastro, Alumbrado y Limpia.

Desarrollo Social Municipal. Sus funciones son: Planeación y Ejecución del Programa del Ramo 026, Deserción Escolar, Fondo de Desarrollo Social Municipal, Apoyo a la Producción y Reforestación.

Seguridad Pública. Sus funciones son: Policía, Tránsito y Centro de Readaptación Municipal.

Oficialía Mayor. Sus funciones son: Personal, Adquisiciones, Servicios Generales, Almacén y Talleres.

D.I.F. Sus funciones son: Asistencia Social.

S.A.P.A. Sus funciones son: Agua Potable y Alcantarillado.

Autoridades auxiliares. La Administración Pública Municipal fuera de la Cabecera Municipal, está a cargo de los Jefes de Tenencia o Encargados del Orden, quienes son electos en plebiscito, durando en su cargo 3 años. En el municipio de Aguililla existen 3 Jefes de Tenencia y 20 Encargados del Orden, quienes ejercen principalmente las siguientes funciones:

- Dar aviso al Presidente Municipal, de cualquier alteración que adviertan en el orden público.
- Conformar el pódium de habitantes de su demarcación.
- Cuidar de la limpieza y aseo de los sitios públicos y buen estado de los caminos vecinales y carreteras.
- Procurar el establecimiento de escuelas.
- Dar parte de la aparición de siniestros y epidemias.
- Aprender a los delincuentes, poniéndolos a disposición de las autoridades competentes.

Regionalización Política. Pertenece al Distrito Electoral Federal Electoral XII con cabecera en Apatzingán y al Distrito Electoral Local electoral XVI con cabecera en Coalcomán.

Reglamentación Municipal

Cuenta con reglamentos de:

- Administración
- Obra Pública
- Planeación
- Zonificación
- Bebidas Alcohólicas

(Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, 2015)

Cronología de los Presidentes Municipales

Tabla 2.- Presidentes Municipales de Aguililla (Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México,

Presidente Municipal	Período de Gobierno	Presidente Municipal	Período de Gobierno
Amador Bustos-Alberto Carbajal	1940	Arturo Arias Z.-Manuel C. Chacón	1963-1964
Manuel Cázarez Chacón	1941-1942	Manuel Cázarez Chacón	1965
Ramón Farías	1943	Profr. J. Jesús García Zamora	1966-1968
Rafael Salas Oseguera	1944	Profr. Gustavo Sánchez Chávez	1969-1971
Melchor Méndez	1945	José Sandoval Barragán	1972-1974
Melchor Méndez-Enrique Alvarez	1946	Profr. Everardo Betancourt Blanco	1975-1977
Máximo Navarrete Cordero	1947	Dr. Amador Valencia Sandoval	1978-1980
J. Jesús Buenrostro Peña	1948	Espiridión Vargas Garibay	1981-1983
Rubén Figueroa García	1949	Dr. Roberto Peña Esparza	1984-1986
Silvestre Vargas Garibay	1950	Lic. Maricela Torres Guízar	1987-1989
Eleazar Caballero Ramos	1951	Salomón Barajas Mendoza	1990
Hermógenes Valencia	1952	Antonio Lúa-Ramón Quiñones	1991
Ignacio García Cortez	1953	Salomón Barajas Mendoza	1992
Rogelio Barreto Sánchez	1954	Moisés Ceballos Ceja	1993-1995
Benjamín Alvarez	1955	José María Aguirre Medina	1996-1998
Eulogio González Magaña	1956	Raúl Peña Pimientel	1999-2001
Profr. Miguel Maldonado	1957-1958	Irineo Mendoza Mendoza	2002-2004
Enrique Alvarez Carvajal	1959	Miguel Avila Sanchez	2005-2007
Jesús González Bustos	1960	Adalberto Fructuoso Comparam	2008-2011
Ramón Farías	1961	Jesus Cruz Valencia	2012-2015
Salvador Ortiz	1962	Israel Medoza Mendoza	2015-2018

2.2.5.-Topografía

Se tienen tres zonas de importancia en estudio la cuenca topográfica, la población del Naranjo de Chila y Aguililla. Contándose con las curvas de nivel, extraídas de los modelos digitales de elevación que proporciona INEGI pudiendo identificar en nuestra cuenca las siguientes elevaciones:

Elevación máxima 2201 metros sobre el nivel del mar.

Elevación media 1074.48 metros sobre el nivel del mar.

Elevación mínima 360 metros sobre el nivel del mar.

Identificando también de acuerdo a los mapas de curvas de nivel, las elevaciones medias de la Población de Aguililla de 920 metros y de la Población del Naranjo de Chila de 297 metros, identificándose en el mapa que se muestra a continuación.

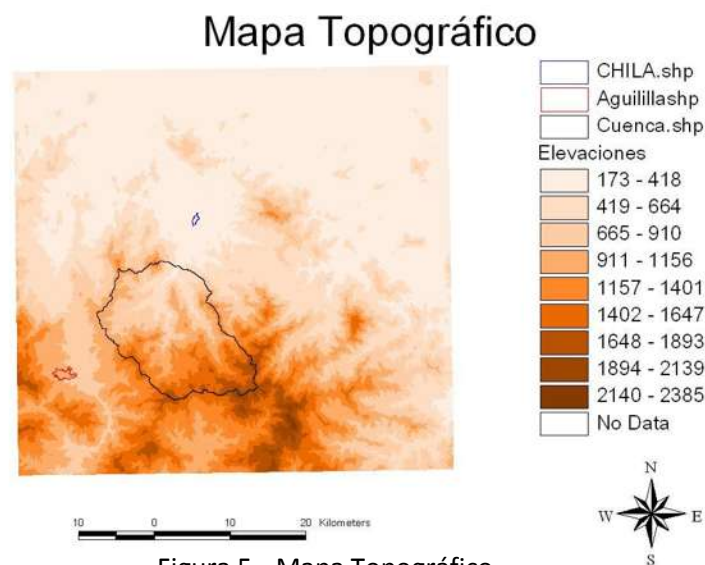


Figura 5.- Mapa Topográfico

2.2.6.- Geología

En general a lo largo de la zona de Apatzingán el subsuelo es de tepetate que, en muchos lugares, está cubierta con actividad volcánica posterior, en los Municipios de Apatzingán y Tepalcatepec, se encuentran rocas del mismo Cretácico inferior de una superficie bastante considerable, interrumpida por algunas elevaciones aisladas, compuestas por rocas ígneas efusivas, muchas de ellas de origen terciario (Salas López, 2012). Los suelos del municipio de Aguililla datan de los períodos mesozoicos y cretácico inferior y superior, corresponde principalmente a los del tipo de café grisáceo, de pradera y castaño. Su uso es principalmente ganadero y en

menor proporción forestal y agrícola. (Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, 2015)

2.2.7.- Hidrografía y orografía

La corriente principal de la zona de Apatzingán es el Río Grande de Tepalcatepec, que fluye del noroeste al sureste, a través del límite del sur de la depresión, y se une en última instancia con el Río de las Balsas. A lo largo de la base de la sierra de Tancítaro, manantiales dan lugar a arroyos y pequeños cursos de agua subterránea al sur de Tepalcatepec. El único importante al sur es la corriente **perenne**, que normalmente se designa como el **Río de Chila**. En general, el área de Apatzingán es reseca y árida. La medida anual es superior a 28 grados Celsius. Los registros de la precipitación medida anual, de 1928 a 1934, varía desde .495 hasta .943 metros. La mayor parte de la precipitación se concentra entre mayo y septiembre, con una reducción progresiva en octubre y noviembre, el resto del año normalmente seco.

Generalmente a lo largo de la periferia norte de esta tierra caliente se extienden grandes camas de malpaís, y la falda meridional de la Sierra de Tancitaro está salpicada por una serie de conos volcánicos. El Jorullo, ahora volcán muerto, famoso por su erupción en 1759, se encuentra cerca al este de Apatzingán, y el volcán de Parícutín al norte en la sierra de Tancítaro. En el municipio de Aguililla el relieve lo constituyen la Sierra Madre del Sur y los cerros El Gallo, Encinal, Mezquite, Granada, Alberca y Tres Cerritos, y los valles de la Tierra Caliente, de Chila y Limón (Salas López, 2012, p. 17).

2.2.8.-Climatología

Su clima es tropical en su mayor parte, con lluvias en verano, tiene una precipitación pluvial anual de 1,000.0 milímetros y temperaturas que oscilan de 10.0 a 38.2 grados centígrados

2.2.9.- Flora

Las montañas que encierran la tierra caliente se visten con bosque de pinos, pero la aridez se refleja en la vegetación que se encuentran en el fondo de la depresión. Con grandes extensiones de pastizales. En otros lugares, la vegetación predominante es espinosa. Mezquite y huizache son los más característicos. También son comunes la cahuinga, el cascalote, cueramo, corongoro, frijolillo, cactus y cirul. La Luffa se encuentra entre una de las curbitáceas del Viejo Mundo, que se cultivaba en América Tropical, probablemente cultivadas por indígenas. Tzonayotli se denomina *L. operculata* en Apatzingán Michoacán, es una calabaza peluda de fibra pulposa no comestible, blanca o amarilla con semillas verdes, conocido como estropajo o esponja vegetal. Durante la temporada seca la mayor parte de la vegetación aparece como seco, casi sin hojas.

El cuadro general de la aridez es interrumpido por numerosos oasis – en Apatzingán, como Chandio, a pocos kilómetros al oeste, y varios grandes manantiales a lo largo de la base de la sierra de Tancítaro. El cinturón de humedad desde Jalapan, a través de Pinzándaro, La Huina, y San Vicente, a la Hacienda de California. Aquí hay plátanos, vegetación exuberante, arboles altos, tierras fértiles, y una alta cifra de malaria.

Sin embargo, esta exuberancia es definitivamente restringida a dichos ecosistemas. Gran parte de la cuenca es demasiado seca (Salas López, 2012, pp. 17-18). El municipio de Aguililla tiene un bosque mixto en las montañas, con pino, cedro y encino, y sabana tropical en las zonas bajas, con parota, cuéramo, granadilla, camachín y huisache. La superficie forestal en la sierra de Aguililla maderable es principalmente ocupada por pino, y en el caso de la no maderable, por arbustos de distintas especies (Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, 2015)

2.2.10.- Fauna.

La fauna silvestre del municipio la componen especies de:

- a) Invertebrados: Artrópodos, Moluscos, Platelminfos, Helmintos, Nematodos, Anélidos.
- b) Vertebrados: Reptiles, Anfibios, Peces, Aves, Mamíferos. Ratones, Ratas de campo, Ardillas, Conejos, Liebres, Mapaches, Tejón, Zorrillos, Huajolote, Víbora de cascabel, Armadillos, Tlacuaches, Lagartijas, Venado cola blanca, Jabalí, Puma con color, Coyote; Zopilote, Buho, Águila, Codorniz, Águililla, Carpintero. (Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, 2015)

2.2.11.-Ambiente Socioeconómico

La población el Naranjo de Chila cuenta con 534 habitantes, luz eléctrica, teléfono TELMEX y escasa señal de celular TELCEL, cuentan con pre-escolar, escuela primaria, a 5 kilómetros, se encuentra la población de “El Aguaje” la cual cuenta con la Escuela Secundaria Técnica No.116 y con un Colegio de Bachilleres, además de contar con una extensión de la Universidad Privada Instituto del Valle de Apatzingán la cual imparte la carrera de Derecho, de esta población la mayoría de las personas son adultos mayores, niños y mujeres, debido a que la población masculina por la escasa oportunidad de trabajo que existe recurre a emigrar a otras poblaciones o al extranjero (Estados Unidos de Norteamérica) o a unirse a grupos criminales que abundan en esta región. Esta población pertenece políticamente al municipio de Aguililla pero socialmente pertenece al valle de Apatzingán y a la Región de Tierra Caliente. En la actualidad con los efectos de la crisis, Apatzingán se convierte en el

principal centro regional de operaciones y “lavado de dólares” del narcotráfico, la producción de enervantes que provienen principalmente del sur de Michoacán y en particular de la sierra madre del sur, se concentra en esta ciudad y a lo largo del eje Apatzingán-Uruapan-Tijuana se conecta con el circuito nacional-internacional del narcotráfico, orientando sus relaciones hacia el norte, principalmente hacia California. La ruta del Balsas forma parte del corredor vital de la droga.

Durante las últimas décadas la inseguridad estrangula las inversiones empresariales y reduce la competitividad en la región. En el 2011 la cifra respecto a ciudades con mayor número de homicidios por cada 100 mil habitantes, al contabilizar 191 principales, posiciona a Apatzingán en el lugar 58. Sin confundir la gimnasia con la magnesita pero quizás si Afganistán con Apatzingán, se ha liberado una guerra de guerrillas nunca vista en la historia de la región, donde diversos carteles, países y bloques partidistas radicalmente opuestos ponen sus cartas sobre la mesa.

El destino incierto que se cierne sobre un pueblo de gran historia, cuya “punta del iceberg”, no representa sus nobles raíces. Es pues, el momento de una reingeniería social, basada en la fraternidad y la ayuda mutua de los habitantes de esta prodigiosa tierra de luz.

Esta región de mentes brillantes, capaz de poner los ojos de todo un país, de lograr la vergonzosa fama a nivel Nacional e Internacional de una zona de miedo, tiene la capacidad de producir, general empleos y convertir esa fama a algo positivo, por lo cual se necesita proponer la infraestructura necesaria para que exista un desarrollo acompañado de un cambio positivo en la mentalidad de cada uno de los Tierracalienteños de ponernos a trabajar y olvidarnos de vivir a costillas de la tranza y de no trabajar. (Salas López, 2012, p. 145)

2.2.12.-Estudio Hidrológico

2.2.12.1.-Conceptos

El ciclo hidrológico es un concepto académico útil, desde el cual se inicia el estudio de la hidrología. Es además un término que describe la circulación sin fin del agua en la tierra. Este proceso es generado por dos causas: la primera, el sol que proporciona la energía para elevar el agua como vapor en el proceso de evaporación; la segunda, la gravedad terrestre, que hace que el agua condensada descienda como procesos de precipitación y escurrimiento.

A pesar de que el volumen total de agua en el ciclo hidrológico permanece constante, su distribución y calidad está cambiando continuamente sobre los continentes, en regiones y dentro de las propias cuencas. Esto quiere decir que la hidrología de una región determinada por sus patrones de tiempo atmosférico cuyo

comportamiento promedio define el clima, y por sus factores físicos son la topografía, la geología y la vegetación. Por otra parte, las actividades humanas originan cambios y alteraciones del ciclo hidrológico.

Hidrología superficial

La hidrología superficial estudia la fase terrestre del ciclo hidrológico, abarcando tres aspectos fundamentales: primero la cuantificación de los recursos hidráulicos disponibles; segundo, la estimación y manejo de eventos extremos (crecientes y sequías); y tercero el aprovechamiento de tales recursos.

Las aplicaciones prácticas de la hidrología superficial se encuentran en el diseño y operación de las estructuras hidráulicas, y otras obras hidráulicas que permiten el drenaje urbano y agrícola, el control de erosión y la sedimentación.

Sistemas hidrológicos

Un sistema hidrológico es una estructura o volumen en el espacio, limitado por sus fronteras, el cual acepta agua y otras entradas, opera sobre ellas internamente y produce unas salidas. Son sistemas hidrológicos, por ejemplo, las cuencas, los acuíferos, los lagos y embalses, que reciben agua, aire y energía calorífica y operan con procesos físicos, químicos y/o biológicos, para producir respuestas.

El objetivo del análisis de un sistema hidrológico es el estudio de la operación del sistema y predecir su respuesta. Un modelo de un sistema hidrológico es una aproximación al sistema real; sus entradas y salidas son variables hidrológicas medibles, su estructura es una serie de ecuaciones que relacionan excitaciones y respuestas.

Los modelos hidrológicos se dividen en dos grupos; físicos y matemáticos. Los primeros influyen los modelos a escala o reducidos y los analógicos, los segundos pueden ser determinísticos, estocásticos y probabilísticos (Campos Aranda, 1998, pp. 1.4 -1.5)

2.2.12.2.-Características del cauce de zona de estudio.

La corriente nace a una distancia lineal de 15 km de la ciudad de Aguililla hacia el Noreste. Tiene un área drenada de 235.8 km² y pertenece a la Región Hidrológica-Administrativa No.4 Balsas, esta a su vez perteneciente a la región hidrológica Balsas, la cual forma parte de la cuenca hidrológica del Río Tepalcatepec. En toda la zona de la cuenca, la vegetación se puede clasificar como selva baja caducifolia y sub-caducifolia, además de bosque de pino y encino.

El río Chila pertenece a la cuenca del río Tepalcatepec, su descarga a este es a 22 km aguas abajo del punto de salida de nuestra cuenca, tiene su origen sobre la

Sierra Madre del Sur los cerros Colorado, Pino y El Barabaso. (CONAGUA, 2015, p. 5)

2.2.12.3.-Ubicación de la Cuenca Hidrológica.

La ubicación de la cuenca es en el Estado de Michoacán entre los Municipios de Aguililla y Apatzingán, en la cual le corresponden las cartas topográficas E13B58, E13B57, E13B67 y E13B68 con sus coordenadas UTM al centroide de 748125.2 m x y 2079049.3 m y.

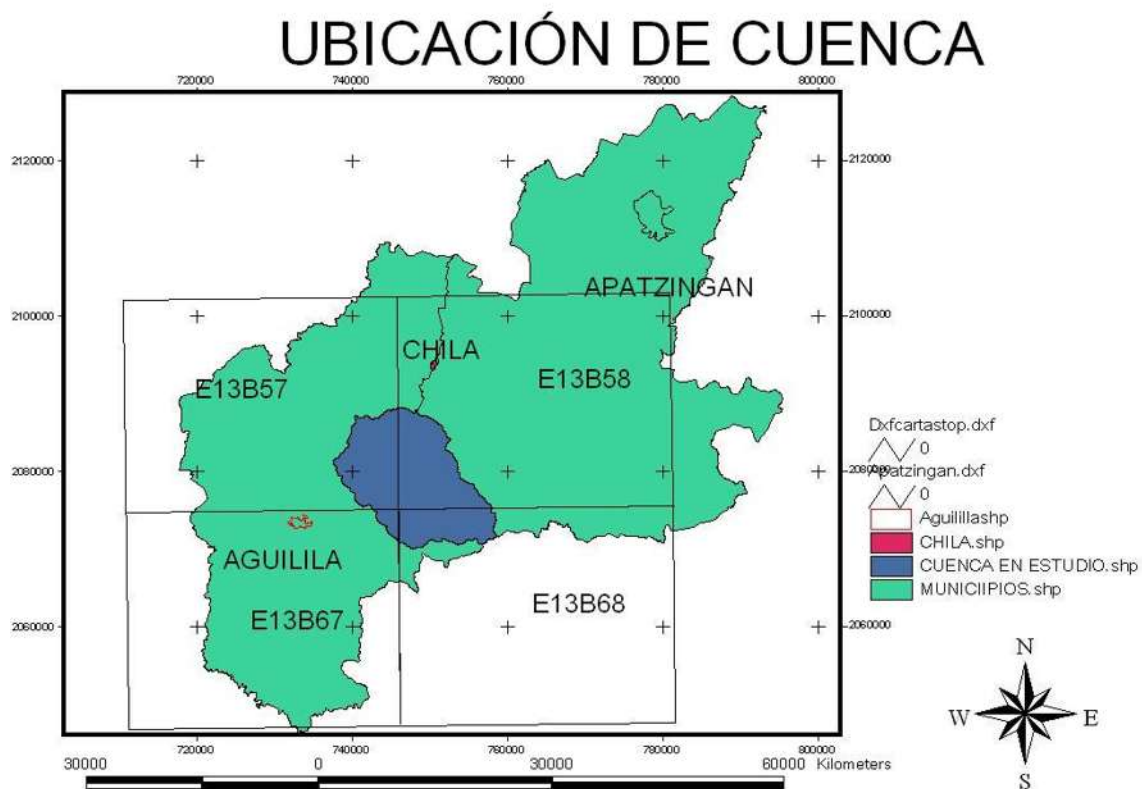


Figura 6.- Ubicación de la cuenca.

2.2.12.4.-Características de la Cuenca.

Definiciones

Así como el ciclo hidrológico es el concepto fundamental de la hidrología, la cuenca hidrológica es su unidad básica de estudio.

Una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.

Características de la cuenca y sus cauces.

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 y su urbanización. 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, etc. A continuación, se describen las características de la cuenca y los cauces de mayor importancia por sus efectos en la relación precipitación-escurrimiento.

Parteaguas: Es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa la cuenca de las cuencas vecinas.

Área de la cuenca: Se define como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por el parteaguas.

La corriente principal de una cuenca: es la corriente que pasa por la salida de la misma. Nótese que esta definición se aplica solamente a las cuencas exorreicas. Las demás corrientes de una cuenca de este tipo se denominan corrientes tributarias. Todo punto de cualquier corriente tiene una cuenca de aportación, toda cuenca tiene una y sólo una corriente principal. Las cuencas correspondientes a las corrientes tributarias o a los puntos de salida se llaman cuencas tributarias o sub-cuencas.

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 han propuesto un cierto número de indicadores de dicho grado de bifurcación, de algunos de los cuales son los siguientes:

El orden de corrientes: Se determina de la siguiente manera; Una corriente de orden 1 es un tributario sin ramificaciones, una de orden 2 tiene sólo tributarios de primer orden, etc. Dos corrientes de orden 1 forman una de orden 2, dos corrientes de orden 3 forman una de orden 4, etc., pero, por ejemplo, una corriente de orden 2 una de orden 3 forman otra de orden 3. El orden de una cuenca es el mismo que el de la corriente principal en su salida.

Otros indicadores del grado de bifurcación o eficiencia de una cuenca son la densidad de corrientes D_s , definida como el número de corrientes perennes e intermitentes por unidad de área y la densidad de drenaje D_d , definida como la longitud de corrientes por unidad de área.

Uno de los indicadores más importantes del grado de respuesta de una cuenca a una tormenta es la pendiente del cauce principal. Dado que esta pendiente varía a lo largo del cauce, es necesario definir una pendiente media, para ello existen varios métodos, de los cuales se mencionan tres:

- a) La pendiente media es igual al desnivel entre los extremos de la corriente, dividido entre su longitud medida en planta.
- b) La pendiente media es la de una línea recta que, apoyándose en el extremo de aguas debajo de la corriente, hace que se tengan áreas iguales entre el perfil del cauce y arriba y debajo de dicha línea.
- c) Taylor y Shwarz proponen calcular la pendiente media como la de un canal de sección transversal uniforme que tenga la misma longitud y tiempo de recorrido que la corriente en cuestión, hace uso de la siguiente fórmula: (Aparicio Mijares, 2012, pp. 19-24)

$$S = \frac{L}{\frac{l_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{l_2}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{l_m}{\sqrt{S_m}}}$$

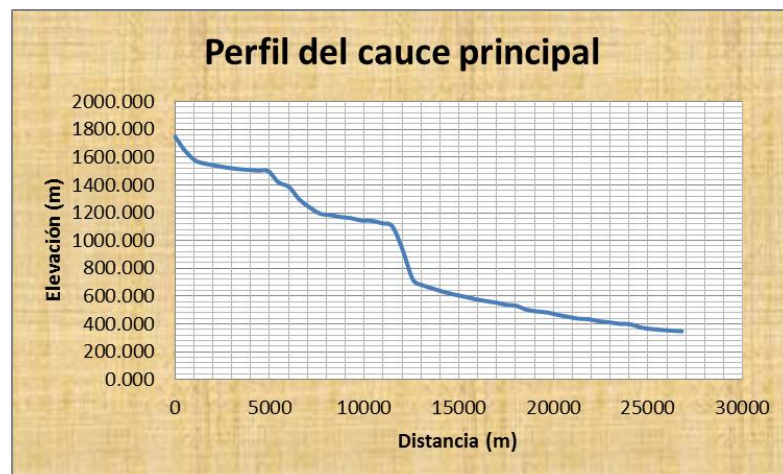


Figura 7.- Perfil del cauce principal.

De acuerdo a las características de nuestra cuenca obtenidas a través de la topografía aplicando la fórmula de Taylor y Schwarz, se obtuvo una pendiente media del cauce principal de 0.023.

Con ayuda del software Arc View 3.2, con la extensión DetermHidro; programa totalmente práctico para generar el gran número de mapas que determinan y describen las propiedades geomorfológicas de nuestra cuenca.

Tabla 3.- Propiedades geomorfológicas de nuestra cuenca.

Área	235.87 km ²	
Perímetro	92.6 km	
Índice de forma	0.6416	
Coefficiente de compacidad	1.7	
Relación de elongación	0.9035	
Relación de bifurcación	1.7143	
Longitud cauce principal	28.3 km	
Densidad de drenaje	0.8911	
Densidad de corrientes	0.9963	
Pendiente media	41.1328	
Elevación mínima	343 m	
Elevación máxima	2201 m	
Elevación media	1074.5 m	
Orden de cuenca	4	
Centroide de la cuenca	x	y
	748125.2 m	2079049.3 m

2.2.12.5.-Análisis Estadístico de Datos Climatológicos

Se entiende como gestión de datos climatológicos al proceso de determinación de estaciones climatológicas, englobando la evaluación de la consistencia y el procedimiento de llenado de las mismas su fuese necesario. Cabe mencionar que un buen análisis de datos climatológicos resultará en información confiable y determinará la calidad de todo estudio.

Selección de estaciones.

En el procedimiento de selección de estaciones, se analizará el contenido de la información de cada estación considerando parámetros como años de registro, intervalo de registro, distancia al centro de gravedad, porcentaje de vacíos y localización estratégica de cada estación respecto a mi cuenca de estudio.

Inicialmente para hacer una preselección de estaciones se identificaron espacialmente con ayuda del kml proporcionado por la CONAGUA para ser observado en Google Earth, se descargaron los datos de resumen de cada estación, parámetros antes mencionados. Estos datos fueron analizados mediante el programa de Excell.

Se calcula el número de estaciones necesario a considerar dependiendo del área a analizar apoyados de la Figura 8 (Aparicio Mijares, 2012, p. 146), y la tabla 4.

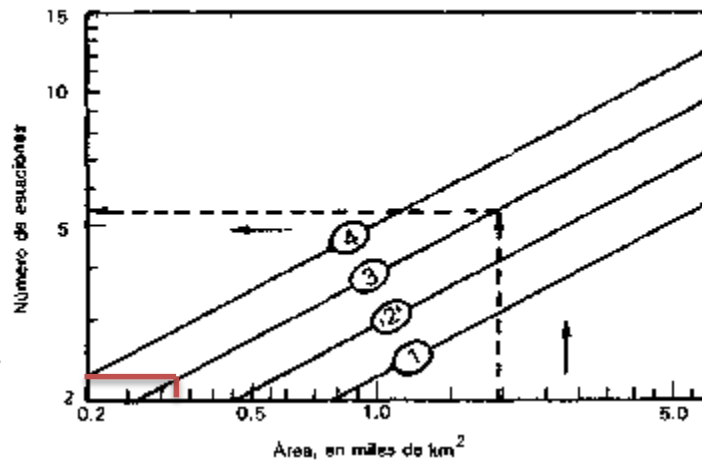


Figura 8.- Determinación de número de estaciones climatológicas.

<i>Esc. medio anual, cm/año</i>	<i>Días de tormenta por año</i>		
	<i><30</i>	<i>30-45</i>	<i>>45</i>
<i>> 15</i>	curva 1	curva 2	curva 3
<i>≤ 15</i>	curva 2	curva 3	curva 4

Tabla 4.- Determinación de estaciones climatológicas.

Se eligió la curva número 3 por tener un escurrimiento mayor a 15 cm/año, estimando de acuerdo a la información bibliográfica que tendremos un valor alrededor de 100 cm/año y calculando que habrá alrededor de 60 días con tormentas anuales de acuerdo al dato respecto a que las lluvias son en verano. Obteniendo un valor de 2.3 estaciones, y redondeando a 3 estaciones necesarias para la realización de nuestro análisis.

En las siguientes figuras se muestra el área de influencia de cada estación tanto por el método de POLÍGONOS DE THIESSEN como por el método de las isoyetas.

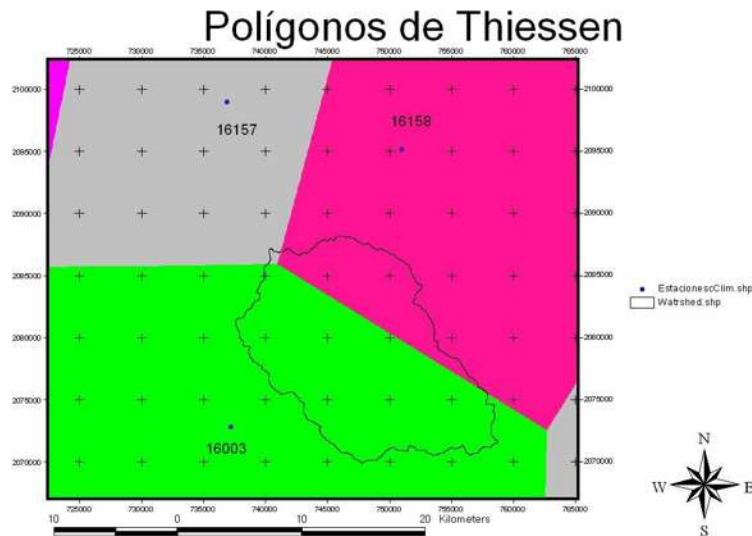


Figura 9.- Polígonos de Thiessen, para determinación de áreas de influencia de cada estación

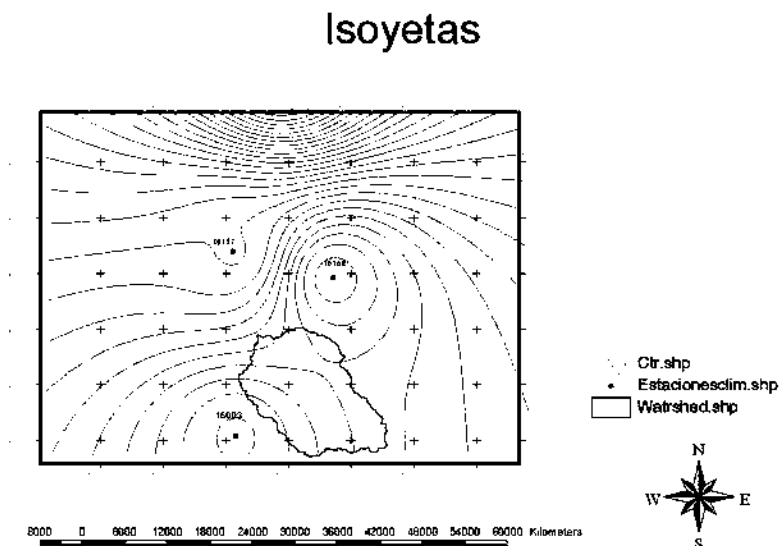


Figura 10.- Isoyetas, para la determinación de áreas de influencia de cada estación climatológica

De acuerdo a estos criterios y a estos mapas elaborados, se eligieron tres estaciones climatológicas, de acuerdo a la localización estratégica respecto a mi cuenca de estudio, siendo las siguientes:

16158: Ubicada en la población de El Cajón, en el municipio de Tepalcatepec, con coordenadas geográficas de -102.75 de longitud Oeste y 18.9708 de Latitud Norte, ubicada a una Altitud de 297 m.s.n.m., con un periodo de datos de 58 años, y

cumpliendo con otros parámetros como la consistencia y porcentaje de vacíos, se toma como aceptable.

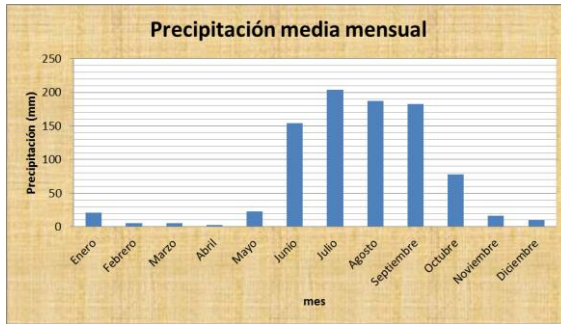


Figura 11.- PMM, Estación 16158

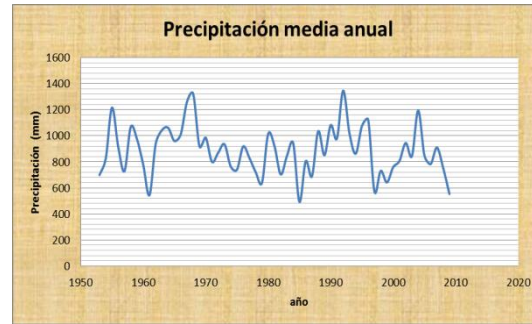


Figura 12.- PMA, Estación 16158

16157: Ubicada en la Población de El Naranjo de Chila, en el municipio de Aguililla, con coordenadas geográficas de -102.6167 de longitud Oeste y 18.933 de Latitud Norte, ubicada a una Altitud de 278 m.s.n.m., con un periodo de datos de 16 años, y cumpliendo con otros parámetros como la consistencia y el porcentaje de vacíos, se toma como aceptable.

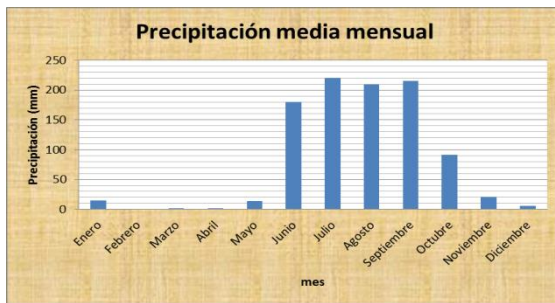


Figura 13.- PMM, Estación 16157

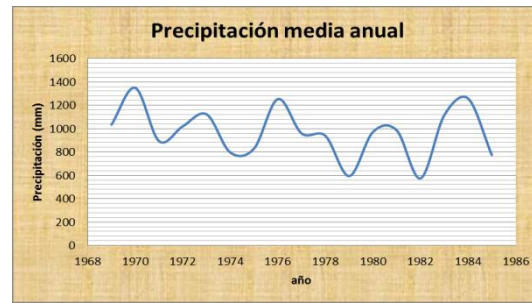


Figura 14- PMA, Estación 16157

16003: Ubicada en la población de Aguililla, en el municipio de Aguililla, con coordenadas geográficas de -102.75 de longitud Oeste y 18.733 de Latitud Norte, ubicada a una Altitud de 933 m.s.n.m., con un periodo de datos de 39 años, y cumpliendo con otros parámetros como la consistencia y el porcentaje de vacíos, se toma como aceptable.

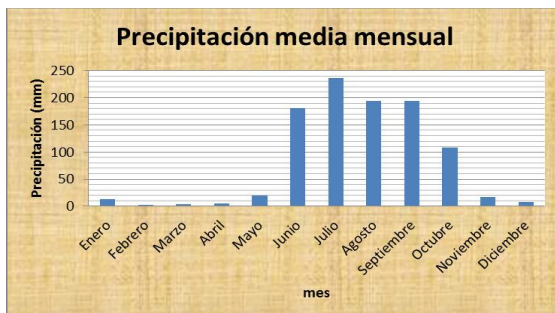


Figura 15.- PMM, Estación 16003

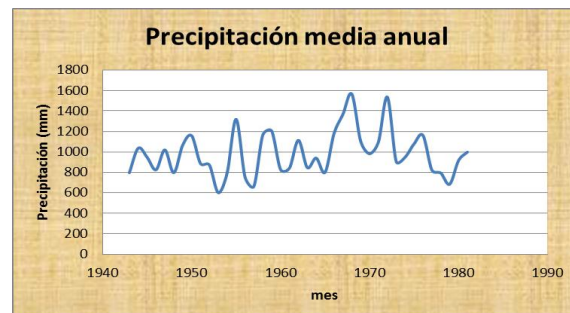


Figura 16.- PMA, Estación 16003

2.2.12.6.-Análisis de consistencia

El proceso de Consistencia de los datos, permite identificar estaciones con información aceptable, y es utilizada con la finalidad de validar la información meteorológica o de rechazar la información de la estación analizada, esto es necesario para conocer si las series de datos son independientes y homogéneas. Para conocer la consistencia de los datos se realizaron las siguientes pruebas a cada serie.

Test de Helmer. Consiste en un procedimiento sencillo que se consisten en ordenar la serie en función del tiempo y analizar el signo de las desviaciones con respecto a la media aritmética de la serie. Si una desviación de un cierto signo es seguida por otra del mismo signo, entonces se dice que se forma una secuencia “S”, de lo contrario se considera un cambio “C”. Para comprobar que la serie es homogénea se aplica el siguiente criterio:

$$-\sqrt{n-1} \leq (S - C) \leq \sqrt{n-1}$$

Test de secuencias. Esta prueba consiste en analizar el signo de las desviaciones con respecto a la mediana para cada dato y comparar el número de cambios de signo con el número de cambios permitido en base al tamaño de la muestra. Si el número de cambios está entre los valores establecidos la serie es homogénea. (Campos Aranda, 1998)(P.p. 4-19 – 4-20).(Pardo, 2015)(P.77)

Las pruebas de consistencia anteriores se realizaron con ayuda del programa SIHIMAX, este software ya cuenta con una función para ejecutar estos test, por lo cual solo se verificó que las estaciones elegidas como candidatas a ser principales fueran consistentes en su información.

2.2.12.7.-Llenado de datos

Este proceso tiene finalidad de llenar los espacios vacíos en las series de datos climatológicos con datos razonables y consistentes.

Existen diversos métodos para el llenado de datos para este estudio se utilizaron los siguientes

- a) Llenado por Inverso de la Distancia al Cuadrado

Para la aplicación de este método es necesario contar con la distancia euclidiana entre cada estación. Entendiendo como “distancia euclidiana” a la distancia ordinaria entre dos puntos deducida con el teorema de Pitágoras. Siendo así

necesario conocer coordenadas de cada estación en un espacio tridimensional con el fin de realizar una matriz de distancias. Por último, la distancia euclidiana queda definida con la siguiente expresión:

$$[(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2]$$
$$Dist. Eucli. = \sqrt{[(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2]}$$

Donde

$x_i, y_i, z_i \rightarrow$ Coordenadas (x, y, z) de la estación “i”

$x_j, y_j, z_j \rightarrow$ Coordenadas (x, y, z) de la estación “j”

Ahora con la matriz de distancias euclidianas, se continúa con la elaboración de la matriz del inverso de la distancia al cuadrado.

Para el llenado de datos faltantes de la estación principal se necesita calcular un promedio ponderado por cada estación, es decir se asigna un peso a cada estación auxiliar en función del valor del inverso de la distancia al cuadrado entre la sumatoria de los inversos de la distancia euclidiana al cuadrado de las estaciones auxiliares. Por último se sumarán los productos calculados entre el peso de cada estación por el valor de precipitación de un intervalo de tiempo dado. Se puede resumir el proceso con las siguientes expresiones:

$$W_i = \frac{(Inverso Distancia_i)^2}{\sum_{n=1}^n (Inverso Distancia_i)^2} \quad \text{Dato faltante} = \sum_{k=0}^n (W_i * P_i)$$

Dónde

$W_i \rightarrow$ Promedio ponderado o peso de la estación i

$P_i \rightarrow$ Precipitación del tiempo i

$i = 1 \dots n \rightarrow$ Número de estaciones auxiliares para el llenado.

b) Llenado por Regresión Lineal

En muchos de los casos no es suficiente el llenado por el método antes descrito por lo cual es necesario tomar opciones complementarias y así tener una serie de precipitación adecuada. En el desarrollo de este estudio se tomó como método adicional el llenado por regresión lineal simple, este es un método relativamente

sencillo y se necesita de solo una estación auxiliar para realizar el llenado y consiste en asumir que la influencia de la serie a llenar con respecto a la auxiliar tiene un comportamiento lineal.

$$\text{Dato faltante} = m * p_i + b$$

Dónde: P_i es la Precipitación de la estación i , m y b son valores constantes de la ecuación de la recta.

Para el llenado de datos faltantes en las series de precipitación de las 3 estaciones principales elegidas que se están considerando en este estudio nos auxiliamos del programa SIHIMAX, el cual cuenta con estos métodos en su programación, así como las matrices de correlación espacial, distancia euclidiana y todos los elementos necesarios para la correcta ejecución de los métodos que los estudios hidrológicos requieren.

Una vez llenadas las estaciones fue necesario hacer la validación del llenado, esta se hace en función de los estadísticos Media, Desviación estándar y sesgo. Los valores estadísticos nos permitirán observar las variaciones de las series al finalizar el llenado, estos estadísticos también se pueden analizar en el programa SIHIMAX (Pardo González, 2015, pp. 77-79).

2.2.12.8.-Determinación del parámetro k

Para la determinación del parámetro k se sigue el siguiente procedimiento:

Crear los mapas de Uso de Suelo y Tipo de Suelo de la cuenca (cortando los mapas proporcionados por INEGI)

Se reclasifica el Uso de Suelo y tipo de Suelo de acuerdo a la Tabla 1 del anexo A de la NOM-011-CONAGUA-2015.

Se interceptan los mapas de Uso de Suelo y Tipo de Suelo, y se generan áreas de cada polígono resultado de la intercepción.

Se asigna el coeficiente k de la norma para cada área (se genera el mapa de k), quedando de la siguiente manera (Heredía Rodríguez, 2011, p. 10).

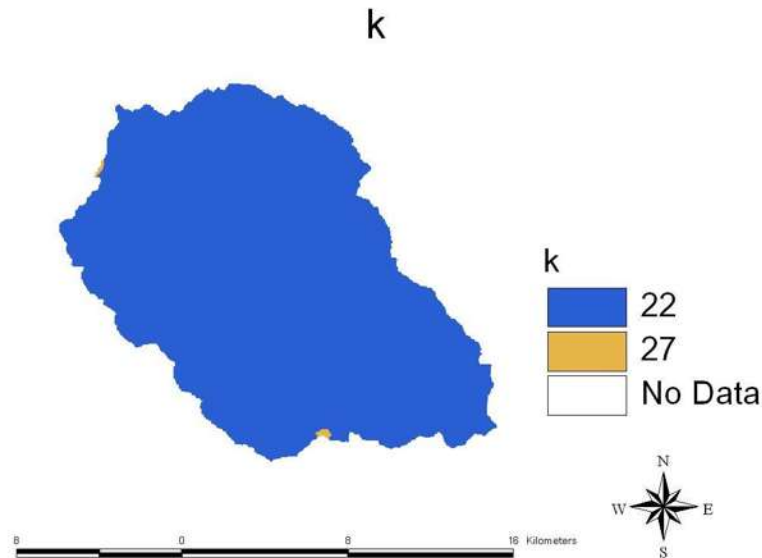


Figura 17.- Mapa de k

Se observa en el mapa (Figura 8) el cálculo de k, se pueden ver dos zonas una de 0.22 referente a bosque cubierto más del 50% y con un tipo de suelo de media y la otra zona de 0.27 referente a manejo agrícola en zarcos, de igual manera con un tipo de suelo de media (Clasificación Anexo A1), dando como resultado final un k de 0.2201.

2.2.12.9.-Determinación de la Precipitación Media Anual

En muchos tipos de problemas hidrológicos es necesario determinar la magnitud de la precipitación promedio sobre un área o cuenca específica, para una tormenta determinada o para un periodo de tiempo dado, comúnmente un año. La precisión con la cual la lluvia de un área puede ser estimada depende principalmente de la densidad de la red pluviométrica, del tamaño y ripo de tormenta analizada o de la duración de la lluvia en estudio.

En general se puede indicar que las redes pluviométricas de poca densidad y muy dispersas, tienden a subestimar las cantidades máximas de lluvia y sus intensidades, lo mismo sucede si el registro disponible es corto.

Básicamente se tienen tres métodos para la estimación de la precipitación promedio sobre un área, los cuales son aplicables a intervalos muy diferentes como son: la duración de la tormenta, días, meses o años. Tales métodos son los siguientes:

- 1.- Método del Promedio Aritmético.
- 2.- Método de los Polígonos de Thiessen.
- 3.- Método de las Isoyetas.

Método del Promedio Aritmético

El método más simple de obtener la precipitación media sobre un área es efectuando un promedio aritmético de las cantidades de lluvia medidas en dicha área. El método es suficiente en regiones planas y con lluvias ciclónicas, donde los gradientes de precipitación no son fuertes, es decir, que el valor captado por cada pluviómetro no varía mucho respecto a la media. Lógicamente, el número de pluviómetros deberá ser elevado y distribuido uniformemente.

Método de las curvas isoyetas.

Este método consiste en localizar en un mapa de tamaño adecuado las estaciones pluviométricas y sus cantidades de lluvia registradas, a continuación, se trazan líneas de igual cantidad de precipitación (curvas isoyetas). La precipitación promedio sobre un área se evalúa ponderando la precipitación entre isoyetas sucesivas (comúnmente se toma el promedio) por el área entre isoyetas, esto es:

$$P = \Sigma(A_i/A)P_i$$

P= Precipitación promedio en la cuenca, en milímetros.

A_i= área entre cada dos isoyetas dentro del parteaguas de la cuenca, en km² o cm².

A= área total de la cuenca en km² o cm².

P_i= Precipitación media entre cada dos isoyetas, por lo general se toma el valor medio entre ellas, en milímetros.

Método de los Polígonos de Thiessen.

Este método debido a A.H. Thiessen (1911) trata de tomar en cuenta la distribución no uniforme de los pluviómetros en el área, mediante una ponderación de cada uno de ellos. El método consiste en colocar en un mapa las estaciones pluviométricas y el área o cuenca para la que se realiza el análisis, en seguida se forman triángulos con las estaciones más próximas entre ellas y posteriormente se trazan las mediatrices o bisectrices perpendiculares a cada lado de los triángulos formados, definiéndose unos polígonos alrededor de cada estación pluviométrica. La precipitación promedio sobre la cuenca se evalúa con la misma ecuación que las isoyetas (Campos Aranda, 1998, pp. 4-38-4-43).

$$P = \Sigma (A_i/A)P_i$$

Para nuestra cuenca se utilizaron los métodos de las isoyetas y el de los Polígonos de Thiessen resultando una precipitación media anual de 960 y 980 mm de precipitación anuales respectivamente. Se observan los mapas a continuación.

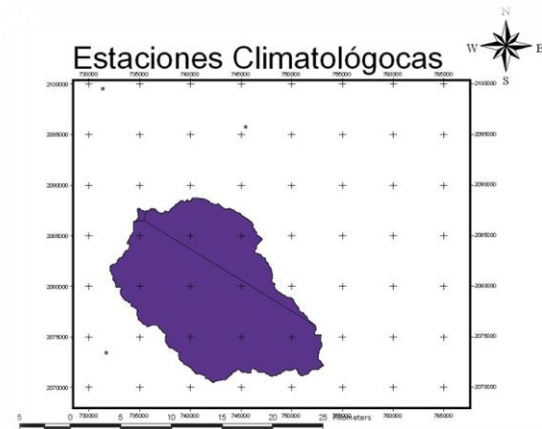


Figura 18.- Cálculo de PMA; Pol. Thiessen

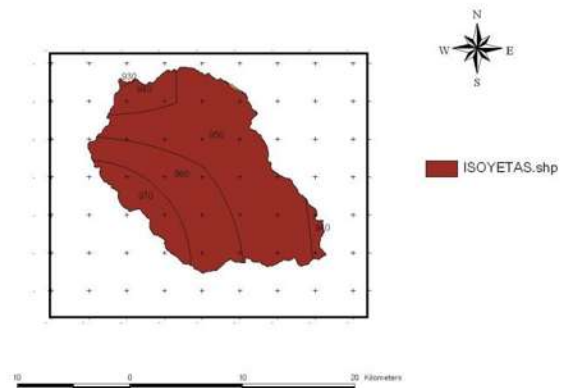


Figura 19.- Cálculo de PMA; Isoyetas.

2.2.12.10.-Coeficiente de escurrimiento anual

El coeficiente de escurrimiento (C_e) es la proporción de lluvia que se convierte en escurrimiento para la región determinada. El método que se aplica para la determinación de este elemento fue adoptado de la Norma Oficial Mexicana (NOM-011-CNA, 2015), que establece las especificaciones y el criterio para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. Su ventaja radica en la sencillez de los datos que requiere, lo que facilita su aplicación.

Este método considera dos factores en su fórmula, es decir el escurrimiento en una determinada zona está dado en primer lugar por la lámina de precipitación, obtenida de las estaciones climatológicas, esta se analiza a un intervalo de tiempo mensual. El segundo parámetro considera las características de permeabilidad del suelo y la capacidad de interrupción de la lluvia por parte de la vegetación, ambas incluidas en el parámetro K .

A pesar de que la permeabilidad del suelo es un elemento complejo que depende de diversos factores, se hace la simplificación de considerar la textura del suelo como una media de ese factor, debido a la permeabilidad, esto deberá reemplazar a las texturas.

Sin embargo, hay que señalar que el coeficiente de escurrimiento no es un valor exacto, sino únicamente una aproximación, pues además de que se obtendrá a partir de datos muy generales para el tamaño de la cuenca, el coeficiente en sí mismo tiende a variar espacialmente y temporalmente en el transcurso del año, según la intensidad y las condiciones de humedad, previas en la superficie de la cuenca.

Conociendo el coeficiente de escurrimiento, es posible obtener el volumen medio anual del escurrimiento, al multiplicar el coeficiente de escurrimiento, por la media

ponderada de la precipitación o lámina media anual de lluvia (m) por la superficie (m²), obteniendo un volumen total del agua que cae como precipitación en los acuíferos expresada en m³/año (Pardo González, 2015, pp. 88-89).

En la tabla 2 del anexo A2 se encuentra la tabla que tiene el criterio de la fórmula a utilizar para el cálculo del Coeficiente de escurrimiento. Al ser nuestro k igual a 0.22, la fórmula utilizada es la siguiente:

$$C_e = (K(P - 250))/200 + ((K - 0.15))/1.5$$

Aplicando las fórmulas y consideraciones anteriores, se tienen los siguientes resultados:

Precipitación (mm)	Area (Km2)	Coeficiente de Escurrimiento (Mm3)	Volumen de Escurrimiento (Hm3)
980	235.87	0.126966667	29.34867511

Tabla 5.- Cálculo de Ce y Volumen de escurrimiento.

2.2.12.11.-Tiempo de Concentración

El tiempo que transcurre entre el inicio de la lluvia y el establecimiento del gasto de equilibrio se denomina tiempo de concentración, y equivale al tiempo que tarda el agua en pasar del punto más alejado hasta la salida de la cuenca.

Naturalmente, el tiempo de concentración t_c depende de la longitud máxima que debe recorrer el agua hasta la salida de la cuenca y de la velocidad que adquiere, en promedio, dentro de la misma. Esta velocidad está en función de las pendientes del terreno y los cauces, y de la rugosidad de la superficie de los mismos. El tiempo de concentración se calcula mediante la fórmula de Kirpich (Aparicio Mijares, 2012, p. 206):

$$t_c = 0.000325 (L^{0.77})/(S^{0.385})$$

Donde S es la pendiente del cauce principal, L se expresa en m y t_c , resulta en h. S se determina con la fórmula de Taylor y Schwarz (Aparicio Mijares, 2012, p. 25):

$$S = \left[\frac{L}{\frac{l_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{l_2}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{l_m}{\sqrt{S_m}}} \right]^2$$

Después de realizar los cálculos correspondientes resulta una pendiente del 2.3% y un tiempo de concentración de 3.42 horas.

El procesamiento de los registros disponibles de lluvias máximas diarias, tendrá como objetivo cuantificar las lluvias máximas en 24 horas de diversos periodos de retorno. Los periodos de retorno se determinan de manera que cubran las necesidades de diseño de las estructuras hidráulicas, en las cuales se utilizarán las lluvias máximas en 24 horas, a través de las llamadas: Curvas Precipitación-Duración-Periodo de Retorno.

Para llevar a cabo el procesamiento estadístico de los registros de lluvias máximas diarias, se sigue la secuencia ilustrada en la siguiente figura, cuyo desarrollo se sigue a continuación.

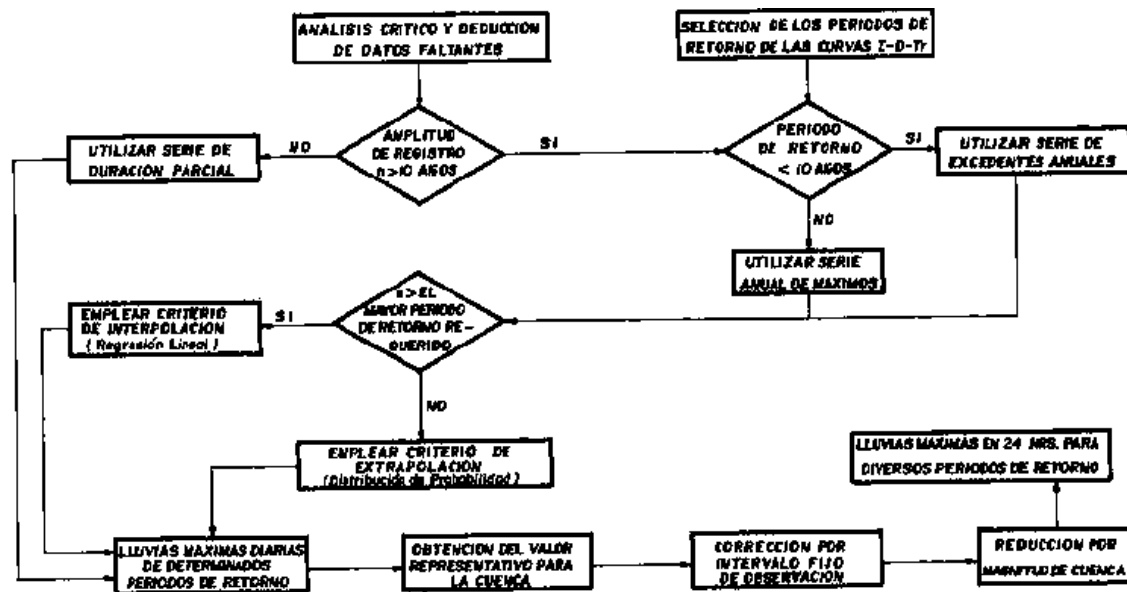


Figura 20.- Procesamiento estadístico de lluvias máximas diarias.

La lluvia es definida por tres variables: magnitud o lámina, duración y frecuencia. La magnitud de la lluvia es la lámina total ocurrida (en milímetros) en la duración de la tormenta. La frecuencia de la lluvia, es expresada por su periodo de retorno o intervalo de recurrencia, que es el tiempo promedio en años en el cual, el evento puede ser igualado o excedido cuando menos una vez.

Las curvas p-d-Tr o i-d-Tr son una gráfica en la cual se concentran las características de las tormentas de la zona o región, con respecto a sus variables: magnitud, duración y frecuencia (Campos Aranda, 1998, p. 4.53).

La metodología propuesta para la obtención de las curvas intensidad-duración-Periodo de Retorno, está basada en el procedimiento estadístico de los registros de las lluvias máximas diarias disponibles, para obtener los valores de la lluvia en 24 horas se utilizará el programa AX de análisis estadístico el cual nos arroja las precipitaciones máximas para 24 horas, para los diferentes periodos de retorno,

habiendo obtenido para este estudio los siguientes valores, para cada estación mencionada. Se observan también las correcciones realizadas para cada dato resultante:

Columna 3: Corrección por intervalo fijo de observación. Se multiplica por 1.13. (Campos Aranda, 1998, p. 4.49)

Columna 4: Corrección por magnitud de cuenca (Campos Aranda, 1998, p. 4.50)

Chila				Cajón				Aguililla			
Tr	hp	Corrección	Corrección ÁREA	Tr	hp	Corrección	Corrección ÁREA	Tr	hp	Corrección	Corrección ÁREA
2	80.66	91.1458	90.56064396	2	63.07	71.2691	70.81155238	2	61.9	69.947	69.49794026
5	98.41	111.2033	110.4893748	5	84.94	95.9822	95.36599428	5	86.77	98.0501	97.42061836
10	107.74	121.7462	120.9645894	10	110.65	125.0345	124.2317785	10	117.38	132.6394	131.7878551
20	115.44	130.4472	129.609729	20	130.48	147.4424	146.4958198	20	140.21	158.4373	157.4201325
50	124.11	140.2443	139.3439316	50	153.42	173.3646	172.2515993	50	166.51	188.1563	186.9483366
100	129.89	146.7757	145.8334	100	169.9	191.987	190.7544435	100	185.39	209.4907	208.1457697
200	135.17	152.7421	151.7614957	200	186.04	210.2252	208.8755542	200	203.91	230.4183	228.9390145
500	141.58	159.9854	158.9582937	500	207.16	234.0908	232.5879371	500	228.13	257.7869	256.1319081
1000	146.07	165.0591	163.9994206	1000	216.35	244.4755	242.9059673	1000	238.16	269.1208	267.3930445
2000	150.31	169.8503	168.7598611	2000	216.35	244.4755	242.9059673	2000	238.6	269.618	267.8870524
5000	155.59	175.8167	174.6879568	5000	216.35	244.4755	242.9059673	5000	238.6	269.618	267.8870524
10000	159.37	180.0881	178.9319344	10000	216.35	244.4755	242.9059673	10000	238.6	269.618	267.8870524

Tabla 6.- Valores de hp Est. Chila Tabla 7.- Valores de hp Est. Cajón Tabla 8.- Valores de hp Est. Aguililla

Con ayuda de la fórmula del inverso de las distancias al cuadrado, y ya teniendo calculado el centroide de la cuenca, se calculan las precipitaciones para 24 horas de nuestra cuenca.

Tr	P 24 horas
2	74.6106522
5	99.7840961
10	127.221254
20	148.079391
50	172.087542
100	189.213876
200	205.906959
500	227.616571
1000	237.211402
2000	238.526806
5000	239.861576
10000	240.81715

Tabla 9.- Precipitación para 24 horas de nuestra cuenca

El propósito del proceso anterior, es calcular el parámetro R que es la relación existente entre la precipitación para un periodo de retorno de años en una hora y las precipitaciones de 24 horas. El primer valor se obtendrá de la tabla 10 del anexo A3. Resultando un valor de 43.5, con los siguientes datos de entrada:

La lluvia media anual de las máximas diarias, obtenida a partir nuestra serie anual de máximos y el número de días con tormentas convectivas, resultando mayor que 60.

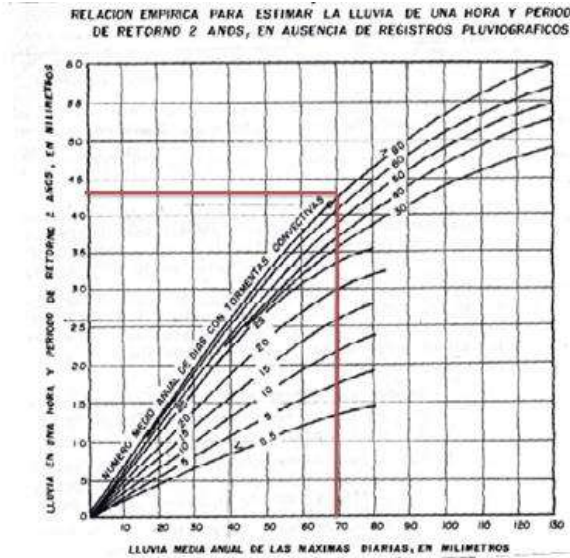


Figura 21.- Obtención de P_{2}^{60} (Campos Aranda, 1998, p. 4.58)

Se grafica la curva en papel logarítmico desde el valor de P_{2}^{60} hasta el valor P_{2}^{1440} , a esa gráfica se le asigna una función potencial (Figura 20). El exponente describirá el comportamiento de nuestras gráficas, para la construcción de nuestra gráfica i-d-Tr, cada valor P_n^{60} multiplicará por la duración, la cual estará elevada a dicho exponente restando menos 1; $(P_n^{60} \cdot (d^{\text{exp}-1})$, (Campos Aranda, 1998, pp. 4-59) quedando las gráficas de la siguiente manera:

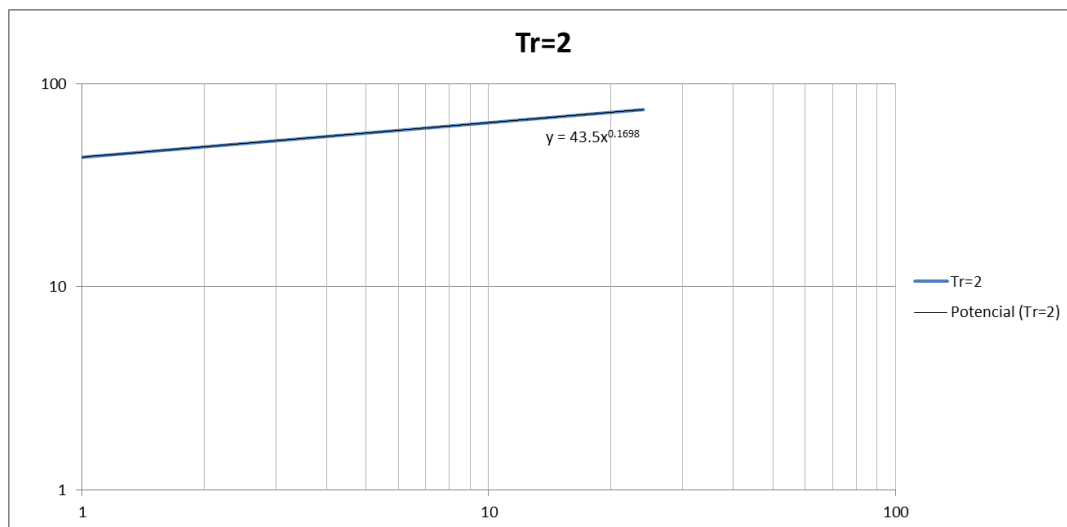


Figura 22.- Cálculo del exponente que marcará el comportamiento de nuestras gráficas.

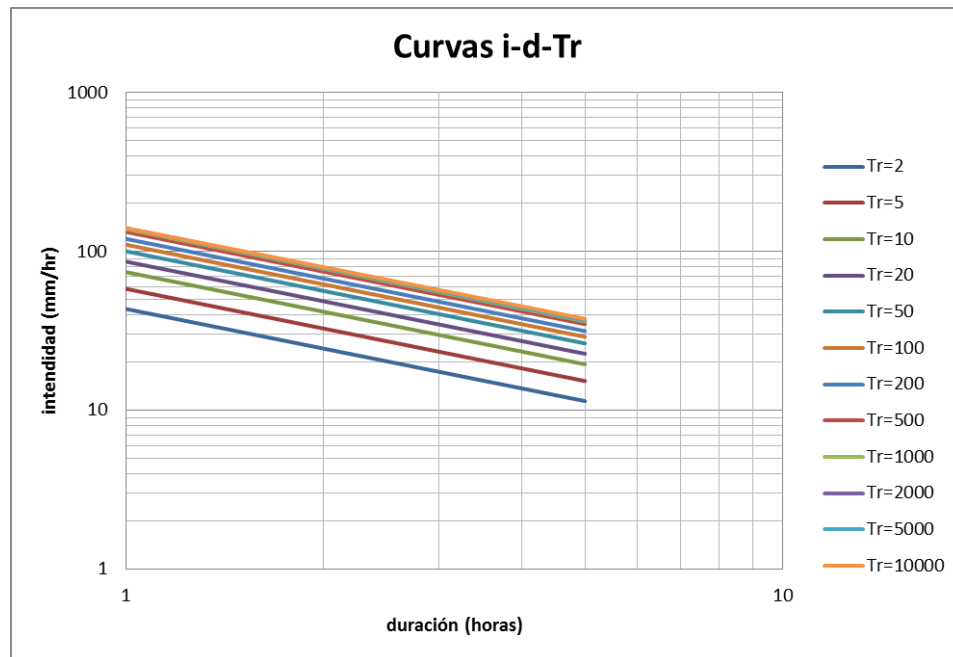


Figura 23.- Curvas i-d-Tr.

2.2.12.13.-HIETOGRAMAS

Se define como hietograma de una tormenta, la gráfica que representa la distribución de la precipitación o su intensidad en el tiempo, durante dicha tormenta.

El hietograma de una tormenta es, por lo tanto, una transformación de su curva masa, en la que ésta es dividida en intervalos iguales y se dibujan los incrementos de precipitación (o la intensidad) de tales intervalos.

El hietograma de precipitación de incrementos constantes, es especialmente útil en las estimaciones hidrológicas de avenidas máximas por la técnica de los hidrogramas unitarios (Campos Aranda, 1998, p. 4.63).

La metodología seguida es: a partir del exponencial obtenido en el cálculo de las curvas i-d-Tr, será usado para el cálculo de los hietogramas de la siguiente manera; $(P_n^{60} \cdot d^{\text{exp}})$, siendo de aquí el P_n^{60} la precipitación en una hora para cada periodo de retorno, el d^{exp} la duración elevada al exponencial mencionado (1698). Posteriormente se restan los valores el superior menos el inferior para cada renglón y finalmente se acomodan dejando el mayor al centro y descendiendo paulatinamente hacia el exterior para dar la forma de hidrograma.

Los hietogramas para los distintos periodos de retorno, se observan en el Anexo B.

2.2.12.14.-HIDROGRAMAS

Es sumamente común que no se cuente con registros adecuados de escurrimiento en el sitio de interés para determinar los parámetros necesarios para el diseño y

operación de obras hidráulicas. En general, los registros de precipitación son más abundantes que los de escurrimiento y, además, no se afectan por cambios en la cuenca, como construcción de obras de almacenamiento y derivación, talas, urbanización, etc. Por ello, es conveniente contar con métodos que permitan determinar el escurrimiento en una cuenca mediante las características de la misma y la precipitación. Las características de la cuenca se conocen por medio de planos topográficos y de uso de suelo, y la precipitación a través de mediciones directas en el caso de predicción de avenidas frecuentes.

Los principales parámetros que intervienen en el proceso de conversión de lluvia a escurrimiento son los siguientes:

1. Área de la cuenca.
2. Altura total de precipitación
3. Características generales o promedio de la cuenca (forma, pendiente, vegetación, etc.).
4. Distribución de la lluvia en el tiempo
5. Distribución en el espacio de la lluvia y de las características de la cuenca.

Debido a que, por un lado, la cantidad y calidad de la información disponible varían grandemente de un problema a otro y a que, por otro, no siempre se requiere la misma precisión en los resultados, se han desarrollado una gran cantidad de métodos para analizar la relación lluvia-escurrimiento (Aparicio Mijares, 2012, pp. 203-204).

En este proyecto para la realización de los hidrogramas se utilizó el software Hec-Hms, al cual se le introdujo la información citada anteriormente. El cual en una primera fase separa la precipitación neta o de la precipitación en exceso, después transforma la precipitación neta en gasto directo, la siguiente fase consiste en sumarle el gasto directo al gasto base (el que tenía el río antes de ocurrir el evento de precipitación).

Los hidrogramas generados por Hec-Hms se pueden encontrar en el Anexo C.

Resumen de gastos pico para los diferentes Periodos de Retorno.

Tabla 10.- Relación de gastos pico para distintos periodos de retorno

Tr	Gasto (m3/s)
2	54.6
5	171
10	355.1
20	525.3
50	747.1
100	920.5
200	1098.7
500	1343
1000	1454.8
2000	1470.3
5000	1486.1
10000	1497.5

3. DETERMINACIÓN DE VOLÚMENES Y DEMANDAS

En este capítulo se hablará acerca de la determinación de las demandas por medio del cálculo del uso consuntivo para obtener el requerimiento de agua necesario para que la planta se desarrolle de una manera correcta en todo su ciclo vegetativo para lograr generar su fruto que es el objetivo final de los productores, posteriormente se determinan los volúmenes característicos, con ayuda del conocimiento de la topografía de la zona, la ubicación de nuestra presa y las demandas anteriormente calculadas.

3.1.-DEMANDAS

3.1.1.- Evapotranspiración o uso consuntivo

Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica es importante conocer, por un lado, la cantidad de agua que se pierde por evaporación en grandes depósitos, como presas, lagos o en sistemas de conducción, y, por otro, la cantidad de agua con que es necesario dotar a los distritos de riego, para determinar las fuentes y dimensiones de los sistemas de abastecimiento.

Evaporación es el proceso por el cual el agua pasa del estado líquido en que se encuentra en los almacenamientos, conducciones y en el suelo, en las capas cercanas a su superficie a estado gaseoso y se transfiere a la atmósfera.

Transpiración es el agua que se despiden en forma de vapor de las hojas de las plantas. Esta agua es tomada por las plantas, naturalmente, del suelo.

Evapotranspiración es la combinación de evaporación y transpiración.

Uso consuntivo es la combinación de evaporación y el agua que las plantas retienen para su nutrición. Esta última cantidad es pequeña en comparación con la evapotranspiración (aproximadamente representa sólo el 1%), por lo que los términos evapotranspiración y uso consuntivo se usan como sinónimos. (Aparicio Mijares, 2012, p. 47)

3.1.1.1- FACTORES QUE AFECTAN LA EVAPOTRANSPIRACIÓN.

El clima, las características del cultivo, el manejo y el medio de desarrollo son factores que afectan la evaporación y la transpiración. Los conceptos relacionados a la Evapotranspiración y presentados en la Figura 23 se describen en la sección sobre conceptos de evapotranspiración.

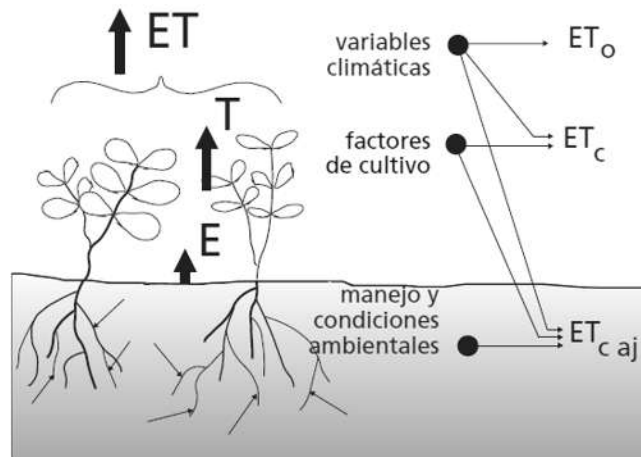


Figura 24.- Factores que afectan la evapotranspiración (FAO, 2006, p. 4)

3.1.1.1.1.- Variables climáticas

Los principales parámetros climáticos que afectan la evapotranspiración son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento. Se han desarrollado varios procedimientos para determinar la evaporación a partir de estos parámetros. La fuerza evaporativa de la atmósfera puede ser expresada por la evapotranspiración del cultivo de referencia, la cual representa la pérdida de agua de una superficie cultivada estándar.

3.1.1.1.2.- Factores de cultivo

El tipo de cultivo, la variedad y la etapa de desarrollo deben ser considerados cuando se evalúa la evapotranspiración de cultivos que se desarrollan en áreas grandes y bien manejadas. Las diferencias en resistencia a la transpiración, la altura del cultivo, la rugosidad del cultivo, el reflejo, la cobertura del suelo y las características radiculares del cultivo dan lugar a diferentes niveles de Evapotranspiración en diversos tipos de cultivos aunque se encuentren bajo condiciones ambientales idénticas. La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar se refiere a la demanda evaporativa de la atmósfera sobre cultivos que crecen en áreas grandes bajo condiciones óptimas de agua en el suelo, con características adecuadas tanto de manejo como ambientales, y que alcanzan la producción potencial bajo las condiciones climáticas dadas.

3.1.1.1.3.- Manejo y condiciones ambientales

Los factores tales como salinidad o baja fertilidad del suelo, uso limitado de fertilizantes, presencia de horizontes duros o impenetrables en el suelo, ausencia o control de enfermedades y de parásitos y el mal manejo del suelo pueden limitar el desarrollo del cultivo y reducir la evapotranspiración. Otros factores que se deben considerar al evaluar la Evapotranspiración son la cubierta del suelo, la densidad del cultivo y el contenido de agua del suelo. El efecto del contenido en agua en el

suelo sobre la Evapotranspiración está determinado primeramente por la magnitud del déficit hídrico y por el tipo de suelo. Por otra parte, demasiada agua en el suelo dará lugar a la saturación de este lo cual puede dañar el sistema radicular de la planta y reducir su capacidad de extraer agua del suelo por la inhibición de la respiración.

Cuando se evalúa la tasa de Evapotranspiración, se debe considerar adicionalmente la gama de prácticas locales de manejo que actúan sobre los factores climáticos y de cultivo afectando el proceso de Evapotranspiración. Las prácticas del cultivo o afectar la capacidad de absorción de agua del suelo y la superficie de cultivo. Una barrera rompe vientos reduce la velocidad del viento y disminuye la tasa de Evapotranspiración de la zona situada directamente después de la barrera. El efecto puede ser significativo especialmente en condiciones ventosas, calientes y secas, aunque la evapotranspiración de los mismos árboles podría compensar cualquier reducción en el campo. La evaporación del suelo de un huerto con árboles jóvenes, en donde los árboles están ampliamente espaciados, puede ser reducida usando un sistema de riego por goteo bien diseñado. Los goteros aplican el agua directamente al suelo cerca de los árboles, de modo en que dejan la mayor parte de la superficie del suelo seca, limitando las pérdidas por evaporación. El uso de coberturas, especialmente cuando el cultivo es pequeño, es otra manera de reducir substancialmente la evaporación del suelo. Los anti-transpirantes, tales como estimulantes del cierre de los estomas, o los materiales que favorecen el reflejo del suelo, reducen las pérdidas de agua del cultivo y por lo tanto la tasa de transpiración. Cuando las condiciones de campo difieran de las condiciones estándar, son necesarios factores de corrección para ajustar la evapotranspiración de cultivo bajo condiciones estándar. Estos factores de ajuste reflejan el efecto del ambiente y del manejo cultural de las condiciones de campo (FAO, 2006, pp. 5-6).

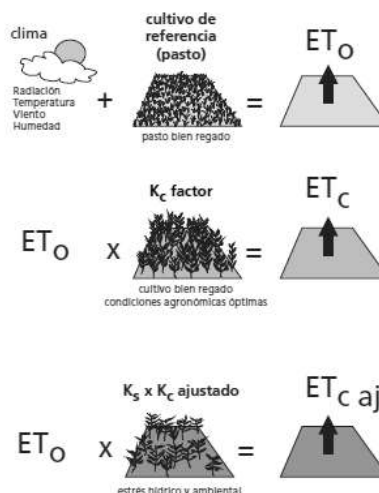


Figura 25.- Evaporación del cultivo de referencia (ET_0), bajo condiciones estándar (ET_c), y bajo condiciones no estándar ($ET_{c\ aj}$). (FAO, 2006, p. 6)

3.1.1.2- MÉTODOS PARA CÁLCULO DE EVAPOTRANSPIRACIÓN O USO CONSUNTIVO

El conocimiento de la evapotranspiración o uso consuntivo es un factor determinante en el diseño de sistemas de riego, incluyendo las obras de almacenamiento, conducción, distribución y drenaje. Especialmente, el volumen útil de una presa para abastecer a una zona de riego depende en gran medida del uso consuntivo.

En México se usan fundamentalmente dos métodos para el cálculo del uso consuntivo: el de Thornthwaite y el de Blaney- Criddle. El primero, por tomar en cuenta sólo la temperatura media mensual, arroja resultados estimativos que pueden usarse únicamente en estudios preliminares o de gran visión. Mientras que el segundo es aplicable a casos más específicos (Aparicio Mijares, 2012, p. 56). Adicionalmente también se utiliza el método de Penman- Montheit recomendado por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) para el cálculo de dichas necesidades hídricas. Para este proyecto se realiza el cálculo de los tres métodos.

3.1.1.2.1- Método de Thornthwaite

Este método, desarrollado en 1944, calcula el uso consuntivo mensual como una función de las temperaturas medias mensuales mediante la fórmula:

$$U_j = 1.6 K_a \left(\frac{10T_j}{I} \right)^a$$

Donde

U_j = uso consuntivo en el mes j , en cm

T_j = Temperatura media en el mes j , en °C

a, I = Constantes

K_a = Constante que depende de la latitud y el mes del año (tabla 3 Anexo D1).

Las constantes I (índice de eficiencia de temperatura) y a se calculan de la siguiente manera:

$$I = \sum_{j=1}^{12} i_j$$

dónde:

$$i_j = \left(\frac{T_j}{5} \right)^{1.514}$$

y j = número de mes.

$$a = 675 \times 10^{-9} I^3 - 771 \times 10^{-7} I^2 + 179 \times 10^{-4} I + .49$$

(Aparicio Mijares, 2012, pp. 56-57)

Resultando de la siguiente manera nuestro cálculo:

Tabla 11.- Cálculo de Uso Consuntivo, método de Thornthwaite.

Mes	Ka	Tj	ij	Uj (cm)
Enero	0.95535	16.97	6.3605947	4.20712133
Febrero	0.90107	19.44	7.81349884	5.58671808
Marzo	1.03	21.18	8.89633873	7.92438486
Abril	1.04786	23.1	10.1453714	10.0302225
Mayo	1.12465	24.95	11.4005086	13.0695476
Junio	1.10465	25.2	11.5739028	13.1634316
Julio	1.13358	23.39	10.3388246	11.1969706
Agosto	1.10572	23.21	10.2186042	10.7114119
Septiembre	1.02	23.03	10.098862	9.6892275
Octubre	1.00214	22.73	9.90035937	9.21044903
Noviembre	0.93535	21.09	8.83916733	7.11945034
Diciembre	0.91856	19.62	7.92329278	5.82885332
			suma	107.737789

Resultando I con un valor de 113.509 y a igual a 2.518, y el cálculo del Uso consuntivo Anual como se observa en la suma es de 107.74 cm.

3.1.1.2.2- Método de Blaney-Criddle.

En este método se toma en cuenta, además de la temperatura y las horas de sol diarias, el tipo de cultivo, la duración de su ciclo vegetativo, la temporada de siembra y la zona.

El ciclo vegetativo de un cultivo es el tiempo que transcurre entre la siembra y la cosecha, y, por supuesto, varía de cultivo a cultivo. En la tabla 4 del anexo D2 se presentan los ciclos vegetativos de algunos cultivos comunes en México.

Si se desea estimar la evapotranspiración durante un ciclo vegetativo completo, se puede emplear la fórmula siguiente:

$$Et = K_g F$$

Donde

$E_t =$ Evapotranspiración durante el ciclo vegetativo, cm.

$F =$ Factor de temperatura y luminosidad

$K_g =$ coeficiente global de desarrollo

El coeficiente global de desarrollo K_g varía entre .5 y 1.2. En la tabla del anexo D2 se muestran algunos de los valores de K_g para diversos cultivos. El factor de temperatura y luminosidad se calcula como:

$$F = \sum_{i=1}^n f_j$$

Donde

$n =$ número de meses que dura el ciclo vegetativo.

$$f_i = P_i \left(\frac{T_j + 17.8}{21.8} \right)$$

$P_i =$ Porcentaje de horas de sol del mes i con respecto del año Tabla de anexo D3.

$T_i =$ Temperatura media del mes i en $^{\circ}C$.

Cuando se desea determinar valores de la evapotranspiración en periodos más cortos que un ciclo vegetativo, por ejemplo, de un mes, se usa la fórmula:

$$E_{ti} = K_{ci} f_i$$

Donde E_{ti} es la evapotranspiración durante el periodo i ; f_i se calcula con la fórmula mencionada anteriormente con P_i y T_i correspondientes al periodo considerado y K_{ci} es un coeficiente de desarrollo parcial. K_{ci} se puede determinar mediante parcelas experimentales instaladas en el sitio de interés, o bien usando los valores medios mostrados del anexo D4 (Aparicio Mijares, 2012, pp. 57-59).

Para lo cual se realizó una selección de 5 diferentes cultivos a proyectar en nuestra zona de siembra en el Naranjo de Chila los cuales fueron jitomate, pastos, cítricos, mango y plátano.

Mostrándose los resultados en la siguiente tabla.

Tabla 12.- Cálculo de Uso Consuntivo, método de Blaney-Criddle.

Mes	Temperatura (oC)	Pi	fi	kg					Eti (cm)				
				jitomate	Pasto	Citrico	Mango	Plátano	jitomate	Pasto	Citrico	Mango	Plátano
Enero	16.97	7.7435	12.3505273	0.95	0.4	0.62	0.7	1	11.7330009	4.94021092	7.65732692	8.64536911	12.3505273
Febrero	19.44	7.2521	12.3884497	0.7	0.6	0.65	0.715	1	8.64536911	7.41031638	8.02784274	8.83062701	12.3505273
Marzo	21.18	8.41	15.0376972		0.75	0.66	0.726	1	0	9.26289547	8.15134801	8.96648282	12.3505273
Abril	23.1	8.5193	15.9834573		0.85	0.7	0.77	1	0	10.4979482	8.64536911	9.50990602	12.3505273
Mayo	24.95	9.1472	17.9377431	0.5	0.9	0.72	0.792	1	6.17526365	11.1154746	8.89237965	9.78161762	12.3505273
Junio	25.2	8.9979	17.7481514	0.95	0.95	0.74	0.814	1	11.7330009	11.7330009	9.1393902	10.0533292	12.3505273
Julio	23.39	9.2465	17.4707952	0.95	0.95	0.74	0.814	1	11.7330009	11.7330009	9.1393902	10.0533292	12.3505273
Agosto	23.21	8.9572	16.8502189	0.7	0.9	0.72	0.792	1	8.64536911	11.1154746	8.89237965	9.78161762	12.3505273
Septiembre	23.03	8.2986	15.5427449		0.85	0.7	0.77	1	0	10.4979482	8.64536911	9.50990602	12.3505273
Octubre	22.73	8.1807	15.2093473		0.75	0.66	0.726	1	0	9.26289547	8.15134801	8.96648282	12.3505273
Noviembre	21.09	7.5835	13.5285466	0.5	0.6	0.65	0.715	1	6.17526365	7.41031638	8.02784274	8.83062701	12.3505273
Diciembre	19.62	7.6635	13.1545032	0.95	0.5	0.62	0.7	1	11.7330009	6.17526365	7.65732692	8.64536911	12.3505273
								sumas	76.5732692	111.154746	101.027313	111.574664	148.206328

3.1.1.2.3- Método de Penman-Monteith

Después de un sin número de pruebas por parte de los investigadores de la FAO se llegó a la conclusión de que la fórmula de Penman-Monteith ha sido reportada los dos equipos de investigación de esta Organización (ASCE Y Europeo) como aquella que produce resultados relativamente exactos y consistentes tanto en climas áridos como en húmedos.

El análisis del funcionamiento y la dispersión de resultados obtenidos por varios métodos de cálculo revela la necesidad de formular un único método estándar para el cómputo de la Evapotranspiración. Dado el mejor comportamiento y consistencia del método FAO Penman-Monteith en el ámbito global, este es el único que se recomienda como método estándar de cálculo. Esto se debe a que existe una elevada probabilidad de que este método prediga correctamente los valores de Evapotranspiración en una amplia gama geográfica y climática y cuenta con provisiones para su uso en situaciones de falta de datos. En este sentido, no se aconseja el uso de las antiguas ecuaciones de FAO o de otra ecuación para el cálculo de la Evapotranspiración.

El método FAO Penman-Monteith fue desarrollado haciendo uso de la definición del cultivo de referencia como un cultivo hipotético con una altura asumida de 0.12m, con una resistencia superficial de 70 s/m y un albedo de 0.23 y que representan a la evapotranspiración de una superficie extensa de pasto verde de altura uniforme, creciendo activamente y adecuadamente regado. El método de FAO Penman-Monteith para estimar la Evapotranspiración, puede ser derivado de la ecuación original de Penman-Monteith y las ecuaciones de resistencia aerodinámica y superficial.

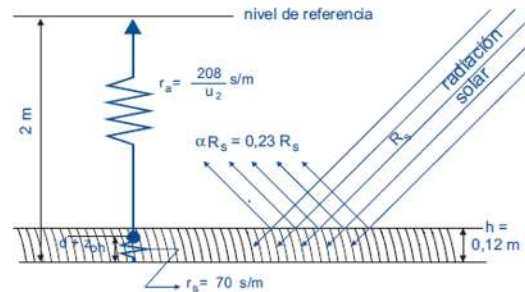


Figura 26.- Características del cultivo hipotético de referencia.

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

Donde:

- ET_0 = Evapotranspiración de referencia (mm/día)
- R_n = Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ/m^2 día)
- R_s = Radiación extraterrestre (mm/día)
- G = Flujo del calor del suelo (MJ/m^2 día)
- T = Temperatura media del aire a 2m de altura ($^{\circ}C$)
- u_2 = velocidad media del viento a 2 m de altura (m/s)
- e_s = Presión de vapor de saturación (kPa)
- e_a = Presión real de vapor (kPa)
- $e_s - e_a$ = Déficit de presión de vapor (kPa)
- Δ = pendiente de la curva de presión de vapor (kPa/ $^{\circ}C$)
- γ = constante psicrométrica (kPa/ $^{\circ}C$)

La evapotranspiración de referencia (ET₀) provee un estándar de comparación mediante el cual:

- se puede comparar la evapotranspiración en diversos periodos del año o en otras regiones;
- se puede relacionar la evapotranspiración de otros cultivos.

La ecuación utiliza datos climáticos de radiación solar, temperatura del aire, humedad y velocidad del viento. Para asegurar la precisión del cálculo, los datos climáticos deben ser medidos o ser convertidos a 2 m de altura, sobre una superficie extensa de pasto verde, cubriendo completamente el suelo y sin limitaciones de agua. (FAO, 2006, pp. 18-25)

Estos datos climáticos fueron extraídos de la base de datos CLIMWAT complementándose con los de nuestras estaciones climatológicas, para realizar el cálculo, se utilizó el software creado por FAO el CROPWAT, al cual por medio de su interfaz se le introducen diferentes parámetros tanto climáticos como los mencionados anteriormente, como del cultivo, y del suelo en el que son cultivados, los cuales se muestran en las tablas siguientes, se emplearon los mismos coeficientes de desarrollo empleados para el método de Blaney-Criddle:

Tabla 14.- Hidroclimatología

HIDROCLIMATOLOGÍA												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media °C	16.97	19.44	21.18	23.1	24.95	25.2	23.39	23.21	23.03	22.73	21.09	19.62
Precipitación media (mm)	14.66	0.29	2.12	2.14	13.5	179.67	220.49	209.52	214.94	91.72	20.82	5.77
Precipitación efectiva (mm)	4.51040025	0.6945445	0.10260783	0.0992662	3.78579313	160.858998	201.421002	190.511057	195.900665	74.1450487	8.85121186	0.29451838
Evaporación (mm)	187.6	212.2	302.7	333.2	326.2	246.9	176.5	181.7	164.8	164.8	164	172.1
FUENTE:CLICOM,ERIC III	Nombre de la estación:		Chila		LATITUD : 18.9333			LONGITUD : -102.6167				
	14.32	0.29	2.11	2.13	13.21	128.02	142.70	139.28	141.02	78.26	20.13	5.72

Tabla 15.- Parámetros del suelo

Parámetros del suelo						
Nombre del cultivo	Tipo de suelo	Densidad Aparente (ton/m3)	Capacidad de campo	Punto de marchitamiento	Humedad disponible	Infiltración mm/día
Jitomate	Fr-A-Lim	1.27	0.23	0.09	0.14	10.8
Pastos	A	1.25	0.38	0.34	0.04	8
Cítrico	Fr-Are	1.43	0.29	0.1	0.19	12
Mango	Fr-Are	1.43	0.29	0.1	0.19	12
Plátano	A-Lim	1.21	0.4	0.3	0.1	10

Capacidad de campo (FAO, 2006, p. 144)

Densidad aparente (http://www.ehowenespanol.com/valores-densidad-aparente-suelo-segun-tipo-hechos_184107/)

(<http://elriego.com/humedad-en-el-suelo-capacidad-de-campo-punto-de-marchitez-y-agua-util-en-funcion-del-tipo-de-suelo/>)

Tabla 16.- Parámetros del suelo

Parámetros de cultivo							
Nombre del cultivo	Factor de Agotamiento	Profundidad radicular	Duración etapa 1	Duración etapa 2	Duración etapa 3	Duración etapa 4	Altura cultivo(m)
Jitomate	0.4	0.5	25	40	60	30	0.6
Pastos	0.55	0.75	10	20	-----	-----	0.3
Cítrico	0.5	1.2	60	90	120	95	4
Mango	0.5	1.4	60	90	120	95	4.5
Plátano	0.35	0.75	120	60	180	5	3.5

(FAO, 2006, pp. 125-128, 163)

Este software arroja resultados de los requerimientos hídricos para cada diez días y realiza el cálculo de este uso consuntivo sin precipitación efectiva y con precipitación efectiva. Obteniendo los siguientes resultados, ya en resumen de todos los cultivos a nivel mensual.

Tabla 17.- Uso consuntivo(mm) Método Penman-Monteith (sin Pe)

USO CONSUNTIVO (mm) Método de Penman Monheit (sin Pe)													
Nombre del cultivo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Totales
Jitomate	113.4	127.4	153.3	17.7	91.8	110	127.8	126	100.3	5.5	56.8	78.9	1108.9
Pastos	94.3	126.5	167.9	172.4	173.2	143.5	130.2	128	115.1	115.3	107.6	85.2	1559.2
Cítrico	82.6	92.6	130.1	148.2	163.7	141.4	128.3	126.1	113.3	106.4	88.3	73.1	1394.1
Mango	84.9	95.3	128.8	137.2	142.8	120.2	109.1	107.3	96.4	94	83.5	75.2	1274.7
Plátano	117.9	132.2	175.5	180.3	190.2	172	162	159.3	143.2	143.5	133.7	125.3	1835.1

Tabla 18.- Uso consuntivo (mm) Método Penman-Monteith (con Pe)

USO CONSUNTIVO (mm) Método de Penman Monheit (con Pe)													
Nombre del cultivo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Totales
Jitomate	99	127	151.4	17.5	78.5	0.1	0	0	0	5.5	36.7	73	588.7
Pastos	80	126	166	170.2	159.9	17.6	0	0	0	37.1	87.4	79.3	923.5
Cítrico	68.2	92.2	128.2	146.1	150.3	16.8	0	0	0	28.1	68.1	67.2	765.2
Mango	70.6	94.8	126.9	135.1	129.5	9.3	0	0	0	17.6	63.4	69.2	716.4
Plátano	103.6	131.7	173.6	178.1	176.9	44	19.5	19.9	4.9	65.2	113.6	119.5	1150.5

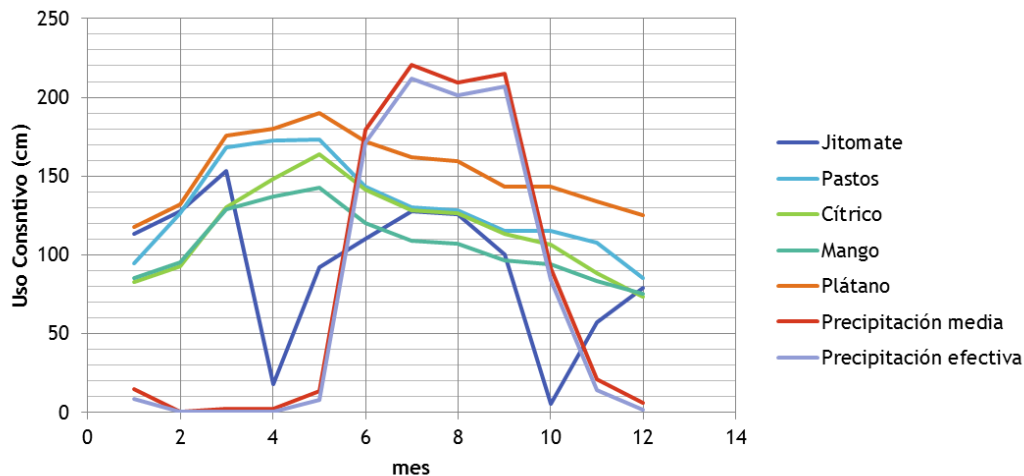


Figura 27.- Evolución del uso consuntivo durante el año sin tomar en cuenta Pe

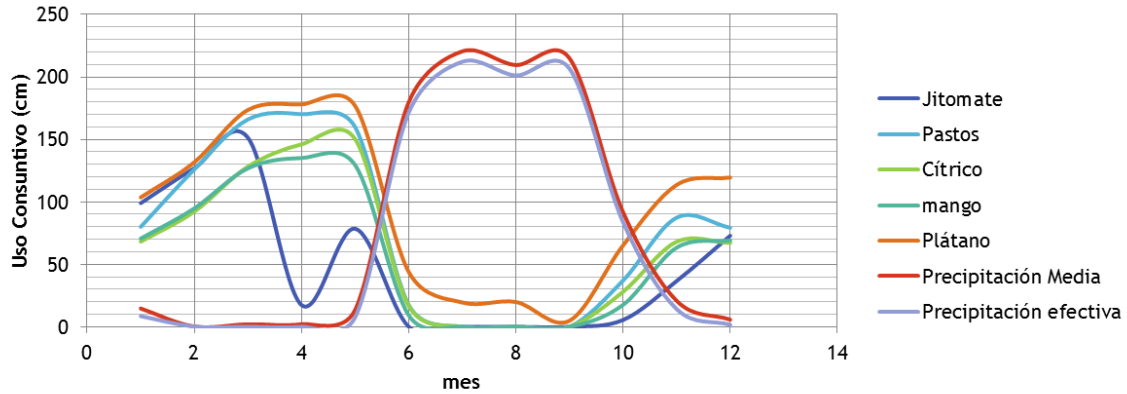


Figura 28.- Evolución del uso consuntivo durante el año tomando en cuenta Pe

3.2.- Superficies de Riego

Se realizó una delimitación de cada uno de los predios componentes del ejido del Naranjo de Chila, extrayéndolos con Global Mapper y convirtiéndolos a formato DXF para poder abrirlos y poder obtener el área de cada uno de estos predios y sumarla, para finalmente obtener el área total, la cual será contemplada para la determinación del volumen útil de nuestra presa. La cual fue de 3364 hectáreas.

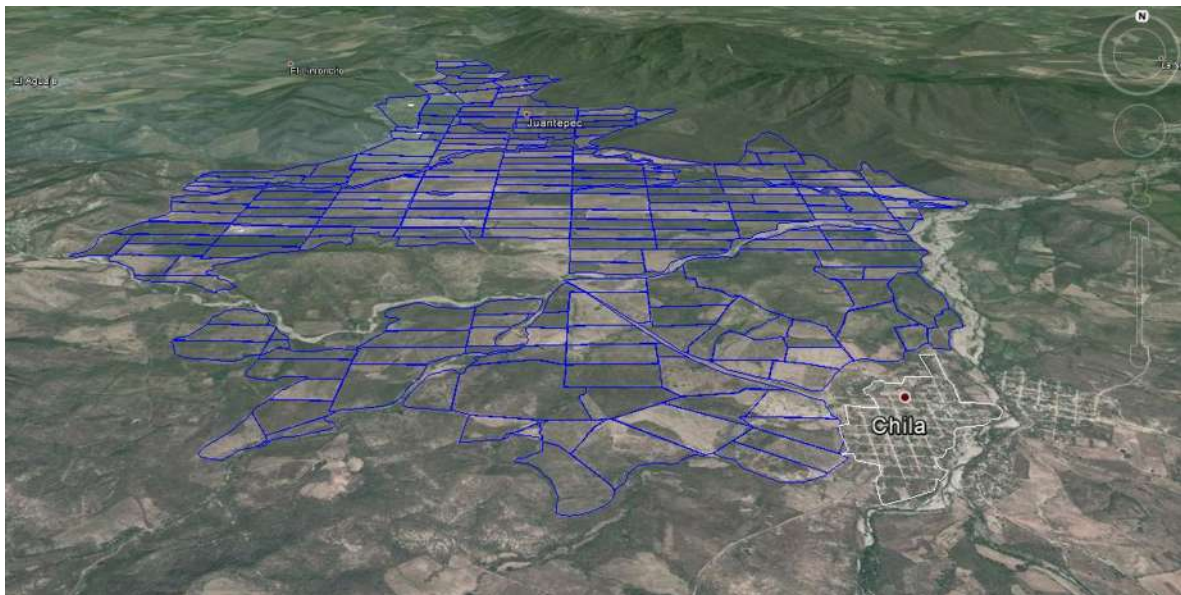


Figura 29.- Predios para cultivo delimitados en Google Earth.

Después con ayuda de los mapas de tipo de suelo proporcionados por INEGI y de acuerdo a la experiencia se pudo hacer una propuesta de los lugares factibles para la siembra de los diferentes cultivos.

3.3.- Determinación de Volúmenes

Un vaso de almacenamiento sirve para regular los escurrimientos de un río, es decir, para almacenar el volumen de agua que escurre en exceso en las temporadas de lluvia para posteriormente usarlo en las épocas de sequía, cuando los escurrimientos son escasos. Esto se puede ilustrar con una situación como la que se muestra en la figura 29, donde se ha dibujado, en forma muy esquemática, el Hidrograma anual de escurrimiento en un río y una demanda. En este caso, la demanda de agua, constante durante todo el año, es mayor de lo que aporta el río en los meses de diciembre a junio, pero menor de lo que aporta de julio a noviembre. Es necesario, entonces, almacenar el volumen sobrante para poder satisfacer la demanda cuando el escurrimiento en el río no es suficiente, para lo cual se requiere un vaso de almacenamiento.

Un vaso de almacenamiento puede tener uno o varios de los siguientes propósitos:

- a) Irrigación
- b) Generación de energía eléctrica
- c) Control de avenidas
- d) Abastecimiento de agua potable
- e) Navegación
- f) Acuacultura
- g) Recreación
- h) Retención de sedimentos.

(Aparicio Mijares, 2012, pp. 69-70)

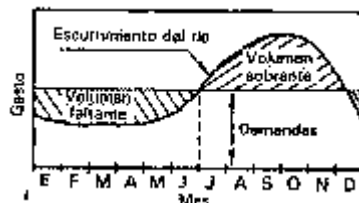


Figura 30.- Esquema de volúmenes durante el año (Aparicio Mijares, 2012, p. 70).

Para la determinación de los volúmenes se seguirá una serie de procedimientos que se mencionarán en los subcapítulos siguientes, es importante relacionar estos volúmenes con sus correspondientes niveles que adoptarían con la presencia de la presa, para lo cual es importante la proyección de las **curvas características**, las cuales nos darían información tanto de elevaciones vs áreas y elevaciones vs volúmenes, para el cálculo de estas áreas nos basamos en la topografía descargada a partir de los Modelos Digitales de Elevación , se calcula el área con ayuda de Auto-Cad y los volúmenes con las fórmulas mostradas a continuación:

$$\Delta V = \frac{\Delta h}{3} (A_{Pi} + A_{Ps} + \sqrt{A_{Pi} A_{Ps}})$$

$$\Delta V = \frac{\Delta h}{2} (A_{Pi} + A_{Ps})$$

Las gráficas generadas a partir de los cálculos con sus correspondientes tablas de valores se muestran a continuación:

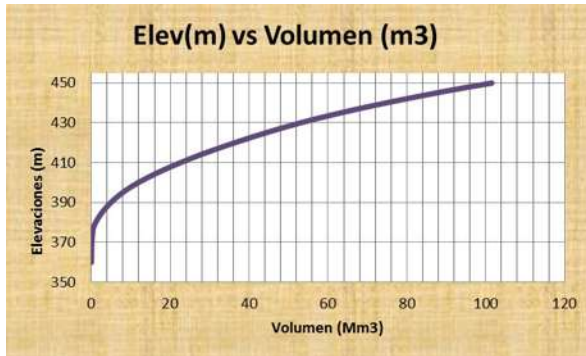


Figura 31.- Curva Elevación vs Volumen.

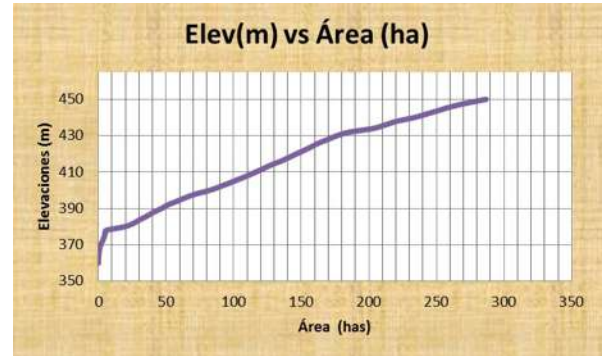


Figura 32.- Curva Elevación vs Áreas.

Tabla 19. – Tabla de cálculo de Áreas Características y Volúmenes Característicos

Elevación (msnm)	Api (m2)	Aps (m2)	App (m2)	incr V (m3)	incr V (m3)	Va (m3)	Va (m3)
360	0	0	0	0	0	0	0
362	0	1492.8248	1492.8248	995.216533	1492.8248	995.216533	1492.8248
364	1492.8248	4334.9192	5827.744	5581.07604	5827.744	6576.29257	7320.5688
366	4334.9192	8219.0684	12553.9876	12348.6604	12553.9876	18924.953	19874.5564
368	8219.0684	15781.7184	24000.7868	23593.241	24000.7868	42518.194	43875.3432
370	15781.7184	29256.0129	45037.7313	44350.1154	45037.7313	86868.3095	88913.0745
372	29256.0129	39946.5703	69202.5832	68925.6712	69202.5832	155793.981	158115.658
374	39946.5703	48980.5143	88927.0846	88773.7309	88927.0846	244567.712	247042.742
376	48980.5143	56814.5646	105795.079	105698.262	105795.079	350265.973	352837.821
378	56814.5646	193379.708	250194.272	236674.755	250194.272	586940.728	603032.093
380	193379.708	261715.426	455095.134	453375.202	455095.134	1040315.93	1058127.23
382	261715.426	309798.536	571513.962	570838.536	571513.962	1611154.47	1629641.19
384	309798.536	362589.107	672387.643	671695.792	672387.643	2282850.26	2302028.83
386	362589.107	408146.476	770735.583	770286.382	770735.583	3053136.64	3072764.41
388	408146.476	465908.202	874054.678	873417.786	874054.678	3926554.43	3946819.09
390	465908.202	514135.785	980043.987	979648.204	980043.987	4906202.63	4926863.08
392	514135.785	581747.98	1095883.76	1095187.86	1095883.76	6001390.49	6022746.84
394	581747.98	644924.818	1226672.8	1226130.14	1226672.8	7227520.64	7249419.64
396	644924.818	721124.345	1366049.16	1365340.2	1366049.16	8592860.83	8615468.8
398	721124.345	823322.823	1544447.17	1543318.83	1544447.17	10136179.7	10159916
400	823322.823	898453.205	1721776.03	1721229.38	1721776.03	11857409	11881692
402	898453.205	968101.34	1866554.54	1866121.26	1866554.54	13723530.3	13748246.5
404	968101.34	1035416.47	2003517.81	2003140.75	2003517.81	15726671	15751764.3
406	1035416.47	1101891.37	2137307.83	2136963.16	2137307.83	17863634.2	17889072.2
408	1101891.37	1162380.69	2264272.06	2264002.69	2264272.06	20127636.9	20153344.2
410	1162380.69	1221172.33	2383553.02	2383311.3	2383553.02	22510948.2	22536897.3
412	1221172.33	1278704.07	2499876.4	2499655.7	2499876.4	25010603.9	25036773.7
414	1278704.07	1349035.05	2627739.12	2627425.33	2627739.12	27638029.2	27664512.8
416	1349035.05	1407763.04	2756798.09	2756589.55	2756798.09	30394618.8	30421310.9
418	1407763.04	1464289.78	2872052.83	2871867.39	2872052.83	33266486.2	33293363.7
420	1464289.78	1522264.92	2986554.71	2986367.12	2986554.71	36252853.3	36279918.4
422	1522264.92	1576739.64	3099004.57	3098844.96	3099004.57	39351698.2	39378923
424	1576739.64	1630876.66	3207616.3	3207464.01	3207616.3	42559162.3	42586539.3
426	1630876.66	1698458.07	3329334.73	3329106.07	3329334.73	45888268.3	45915874
428	1698458.07	1763380.4	3461838.47	3461635.53	3461838.47	49349903.9	49377712.5
430	1763380.4	1857661.27	3621041.66	3620632.46	3621041.66	52970536.3	52998754.1
432	1857661.27	2032340.58	3890001.84	3888693.87	3890001.84	56859230.2	56888756
434	2032340.58	2122973.05	4155313.62	4154984.12	4155313.62	61014214.3	61044069.6
436	2122973.05	2209366.3	4332339.35	4332052.18	4332339.35	65346266.5	65376409
438	2209366.3	2336190.17	4545556.47	4544966.61	4545556.47	69891233.1	69921965.4
440	2336190.17	2429461.49	4765651.66	4765347.39	4765651.66	74656580.5	74687617.1
442	2429461.49	2521504.57	4950966.07	4950680.85	4950966.07	79607261.3	79638583.2
444	2521504.57	2611664.61	5133169.19	5132905.23	5133169.19	84740166.6	84771752.4
446	2611664.61	2727758.88	5339423.49	5339002.74	5339423.49	90079169.3	90111175.8
448	2727758.88	2866961.7	5594720.58	5594143.24	5594720.58	95673312.5	95705896.4
450	2866961.7	2995009.72	5861971.42	5861505.18	5861971.42	101534818	101567868
							1315135091

3.3.1- Nivel de Aguas Mínimo (NAMIN)

Es el nivel de almacenamiento que es proporcionado por la capacidad muerta y está constituido por el volumen que se destina a la acumulación de los sedimentos transportados por la corriente, queda por debajo del nivel de la obra de toma y se reserva para recibir el acarreo de sólidos por el río durante la vida útil de la presa. Es conveniente hacer notar que el depósito de sedimentos de una presa no se produce como está mostrado en la figura 32 con un nivel horizontal, sino que los sedimentos se reparten a lo largo del embalse, teniéndose los más gruesos al principio del mismo y los más finos cerca del movimiento de la cortina. De hecho, en algunos casos existe movimiento de los sedimentos depositados dentro del vaso, fenómeno que se conoce como corriente de densidad (Aparicio Mijares, 2012, p. 70).

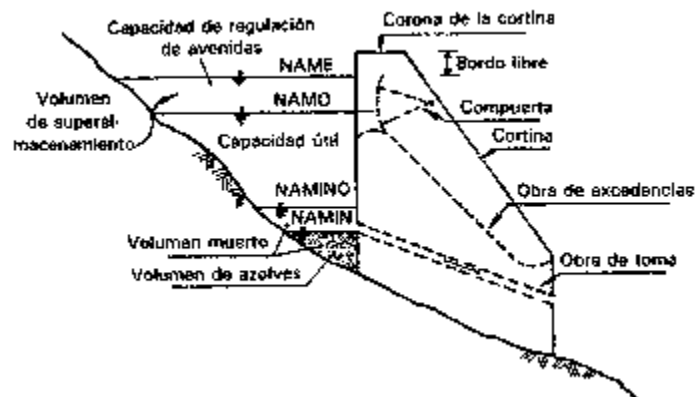


Figura 33.- Principales componentes de un vaso (Aparicio Mijares, 2012, p. 71).

Los principales factores que influyen en la pérdida de suelo, son los siguientes:

- Hidrología
- Topografía
- Erosionabilidad del suelo
- Cobertura vegetal
- Prácticas de cultivos y de conservación de suelos

Existen casos especiales donde el aporte de sedimento puede aumentar mucho en el corto plazo como, por ejemplo, en la construcción de carreteras, presas y durante el proceso de urbanización.

Métodos para cálculo de NAMIN

Se proponen 4 diferentes métodos para calcular el volumen de sedimentos, el cual será multiplicado por el área de la cuenca y por los años de vida útil de la presa, el cual se está proponiendo que sea de 50 años.

3.3.1.1.-Método por medio del cual a través de una tabla y con el área de tu cuenca se proporcionan valores promedio del aporte de sedimento para cuencas de diferentes tamaños, obtenidos de mediciones experimentales en EUA.

De donde se sabe que el área es 235.87 km², se tiene un valor de 762 m³/km²/año, y planteando que la presa se diseñará con una vida útil de 50 años, se tiene que:

$$Ps = 7623m^2/km^2/año(235.87 km^2)(50 años) = 8,986,647 m^3$$

Tamaños de cuenca (km ²)	(AS) aporte medio de sedimentos (m ³ /km ² -año)
< 25.9	1810
25.9 a 259.0	762
259.0 a 2590.0	481
> 2590.0	238

Figura 34.- Aporte de sedimentos según el área de la cuenca. (Gracia Sánchez , p. 9)

3.3.1.2.- El USBR propone un criterio para evaluar el aporte de los sedimentos (AS), que se basa en mediciones realizadas en varias cuencas del suroeste de los EUA. La ecuación propuesta es la siguiente:

$$As = 1421.8 (Ac)^{-0.229}$$

Donde

AS= Aporte de sedimentos m³/km²/año.

Ac= Área de la cuenca en km²

Para mi cuenca: $AS = 1421.8 (235.87)^{-0.229} = 404.75 m^3/km^2/año$

$$Ps = 405 m^3/km^2/año(235.87 km^2)(50 años) = 4,773,397 m^3$$

3.3.1.3.- Namba propone

$$AS = 0.292 P + 0.474 H - .118 F + 2.452$$

Donde

AS = aporte de sedimentos, en $m^3/km^2/año$

P=Precipitación media anual, en mm

H= Desnivel máximo de cotas en la cuenca (entre las más altas y la salida de la cuenca), en m.

F= Relación entre las áreas de suelo desnudo y las cubiertas con vegetación, en porcentaje.

De acuerdo a mi análisis de Precipitación media anual, por medio de Polígonos de Thiessen se obtuvo un valor de 980 mm, mi desnivel topográfico, de acuerdo a el perfil generado por Arc View, tengo mi nivel topográfico más bajo de 360 metros y mi nivel más alto de 1750 metros, por lo tanto, mi desnivel es de 1390 metros. Mi relación entre las áreas de suelo desnudo y las cubiertas con vegetación, como se observó en el capítulo II.2.12.8, donde se calculó el parámetro k, se puede apreciar que toda el área de la cuenca corresponde a bosque, por lo tanto, dicha relación es igual a 0, quedando mi ecuación de la siguiente manera:

$$AS = 0.292 (980) + 0.474(1390) - .118 (0) + 2.452 = 942 m^3/km^2/año$$

$$Ps = (942 m^3/km^2/año)(235.87 km^2)(50 años) = 11,116,175.708 m^3$$

III.3.1.4.- Para cuencas en el oeste del estado de Colorado en EUA, Owen y Branson proponen:

$$AS = 19465(H/L) + 14.29 Ps - 604.8$$

Donde

AS= aporte de sedimentos en $m^3/km^2/año$

H/L= cociente entre el desnivel máximo de cotas en la cuenca (en m) y la longitud total del cauce principal (en m), adimensional

Ps= Porcentaje de suelo desnudo en la cuenca.

De donde el cociente H/L me resultó con un valor de 0.0523 y el porcentaje de suelo desnudo es 0:

$$AS = 19465(0.0523) + 14.29 (0) - 604.8 = 405.18 m^3/km^2/año$$

$$P_s = 405.18 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{año}(235.87\text{km}^2)(50 \text{ años}) = 4,778,488.47 \text{ m}^3$$

(Gracia Sánchez , pp. 7-9)

Nos iremos del lado de la seguridad y tomaremos el criterio de Namba por considerar un mayor número de parámetros y dar un valor mayor como resultado, siendo este de 11,116 ,175.708 m³.

3.3.2.- Nivel de Aguas Máximo Ordinario (NAMO)

Es el máximo nivel con que puede operar la presa para satisfacer las demandas; cuando el vertedor de excedencias (estructura que sirve para desalojar los volúmenes excedentes de agua que pueden poner en peligro la seguridad de la obra) no es controlado por compuertas, el NAMO coincide con su cresta o punto más alto del vertedor. En el caso de que la descarga por el vertedor esté controlada, el NAMO puede estar por arriba de la cresta e incluso puede cambiar a lo largo del año. Así, en época de estiaje es posible fijar un NAMO mayor que en época de avenidas, pues la probabilidad de que se presente una avenida en la primera época es menor que en la segunda. El volumen que se almacena entre el NAMO y el NAMIN se llama volumen o capacidad útil y es con el que se satisfacen las demandas de agua, el esquema de este volumen se aprecia en la figura 32. (Aparicio Mijares, 2012, p. 71)

Este volumen útil para este caso será calculado en función de los usos consuntivos calculados con el método de Penman-Monteith en el capítulo 3.1.1.2.3 de las tablas 16 y 17 y multiplicando estos valores por las áreas de cultivo asignadas para cada uno en específico, teniendo un área de cultivo total de 3367.78 hectáreas, en la cual dado a que toda la zona de cultivo está de seco, se asignaron plantíos a cada parcela de acuerdo a sus características de clima, pendiente y tipo de suelo (Figura 34), entregando un resumen del total de áreas en la tabla 19. (Se puede revisar en el Anexo E1 acercamientos a las áreas y una tabla con su correspondiente Superficie).

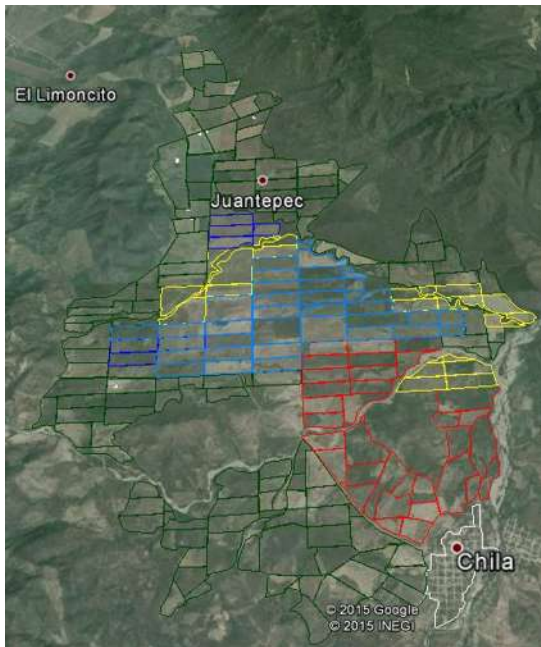


Figura 35.- Áreas de cultivo asignadas.

Datos de cultivo	
Nombre del cultivo	Superficie de riego ha
Jitomate	726.47
Pastos	99.71
Cítrico	1767.05
Mango	527.67
Plátano	246.86
Total	3367.76

Tabla 20.- Cultivos y superficies.

Obteniendo finalmente Volúmenes de agua netos y brutos, siendo el neto el que resulta directamente de multiplicar superficie por Uso consuntivo y el volumen bruto dividiendo estos valores resultantes entre la eficiencia de cultivo, considerando que se propondrá una tecnificación de la zona con sistema de goteo en cultivos como el jitomate teniendo un valor de 0.9, de microaspersión en cultivos como el cítrico, mango y plátano con un valor de 0.8, y de aspersión en cultivos como pastos con un valor de 0.7. En las siguientes tablas (Tablas 20-23) se muestran los valores mensuales y totales de los volúmenes requeridos tomando en cuenta precipitación efectiva y sin tomar en cuenta la precipitación efectiva.

Tabla 21.- Volumen neto de agua por cultivo y por mes sin Precipitación Efectiva.

Nombre del cultivo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Totales
Jitomate	823816.98	925522.78	1113678.51	128585.19	666899.46	799117	928428.66	915352.2	728649.41	39955.85	412634.96	573184.83	8055825.83
Pastos	94026.53	126133.15	167413.09	171900.04	172697.72	143083.85	129822.42	127628.8	114766.21	114965.63	107287.96	84952.92	1554678.32
Cítrico	1459583.3	1636288.3	2298932.05	2618768.1	2892660.85	2498608.7	2267125.15	2228250.05	2002067.65	1880141.2	1560305.15	1291713.55	24634444.1
Mango	447991.83	502869.51	679638.96	723963.24	753512.76	634259.34	575687.97	566189.91	508673.88	496009.8	440604.45	396807.84	6726209.49
Plátano	291047.94	326348.92	433239.3	445088.58	469527.72	424599.2	399913.2	393247.98	353503.52	354244.1	330051.82	309315.58	4530127.86
TOTAL	3116466.58	3517162.66	4692901.91	4088305.15	4955298.51	4499668.09	4300977.4	4230668.94	3707660.67	2885316.58	2850884.34	2655974.72	45501285.6

Tabla 22.- Volumen neto de agua por cultivo y por mes con Precipitación Efectiva.

Nombre del cultivo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Totales
Jitomate	719205.3	922616.9	1099875.58	127132.25	570278.95	726.47	0	0	0	39955.85	266614.49	530323.1	4276728.89
Pastos	79768	125634.6	165518.6	169706.42	159436.29	17548.96	0	0	0	36992.41	87146.54	79070.03	920821.85
Cítrico	1205128.1	1629220.1	2265358.1	2581660.05	2655876.15	296864.4	0	0	0	496541.05	1203361.05	1187457.6	13521466.6
Mango	372535.02	500231.16	669613.23	712882.17	683332.65	49073.31	0	0	0	92869.92	334542.78	365147.64	3780227.88
Plátano	255746.96	325114.62	428548.96	439657.66	436695.34	108618.4	48137.7	49125.14	12096.14	160952.72	280432.96	294997.7	2840124.3
TOTAL	2632383.38	3502817.38	4628914.47	4031038.55	4505619.38	472831.54	48137.7	49125.14	12096.14	827311.95	2172097.82	2456996.07	25339369.5

“Estudios Básicos para el Aprovechamiento de los Recursos Hídricos con fines de Riego en la comunidad de El Naranjo de Chila en el municipio de Aguillilla Michoacán”.

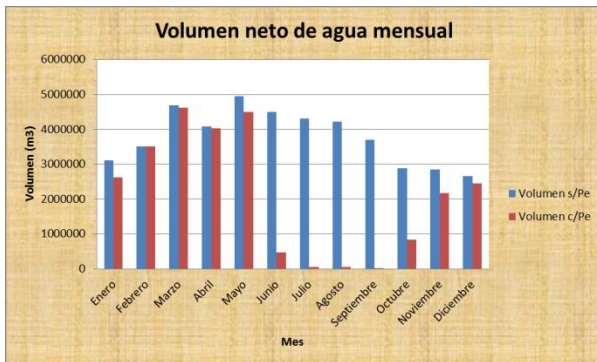


Figura 36.- Volumen neto de agua mensual

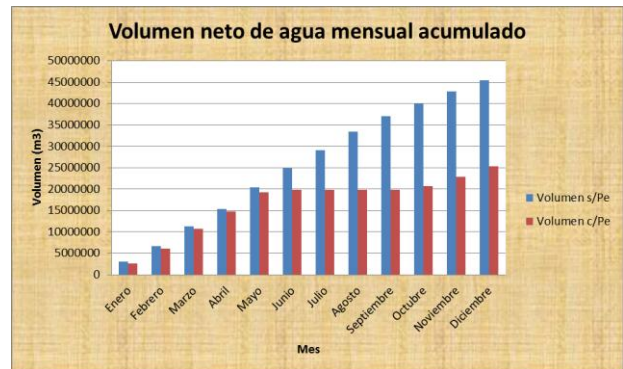


Figura 37.- Volumen neto de agua mensual acum.

Tabla 23.- Volumen bruto de agua por cultivo y por mes sin Precipitación Efectiva.

Nombre del cultivo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Totales
Jitomate	915352.2	1028358.64	1237420.57	142872.433	740999.4	887907.778	1031587.4	1017058	809610.456	44395.3889	458483.289	636872.033	8950917.59
Pastos	134323.614	180190.214	239161.557	245571.486	246711.029	204405.5	185460.6	182326.857	163951.729	164236.614	153268.514	121361.314	2220969.03
Cítrico	1824479.13	2045360.38	2873665.06	3273460.13	3615826.06	3123260.88	2833906.44	2785312.56	2502584.56	2350176.5	1950381.44	1614641.94	30793055.1
Mango	559989.788	628586.888	849548.7	904954.05	941890.95	792824.175	719609.963	707737.388	635842.35	620012.25	550755.563	496009.8	8407761.86
Plátano	363809.925	407936.15	541549.125	556360.725	586909.65	530749	499891.5	491559.975	441879.4	442805.125	412564.775	386644.475	5662659.83

Tabla 24.- Volumen bruto de agua por cultivo y por mes con Precipitación Efectiva.

Nombre del cultivo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Totales
Jitomate	799117	1025129.89	1222083.98	141258.056	633643.278	807.188889	0	0	0	44395.3889	296238.322	589247.889	4751920.99
Pastos	113954.286	179478	236455.143	242437.743	227766.129	25069.9429	0	0	0	52846.3	124495.057	112957.186	1315459.79
Cítrico	1506410.13	2715366.83	3775596.83	4302766.75	4426460.25	494774	0	0	0	827568.417	2005601.75	1979096	22033641
Mango	465668.775	625288.95	837016.538	891102.713	854165.813	61341.6375	0	0	0	116087.4	418178.475	456434.55	4725284.85
Plátano	319683.7	406393.275	535686.2	549572.075	545869.175	135773	60172.125	61406.425	15120.175	201190.9	350541.2	368747.125	3550155.38
TOTAL	3204833.89	4951656.95	6606838.69	6127137.34	6687904.64	717765.769	60172.125	61406.425	15120.175	1242088.41	3195054.8	3506482.75	36376462

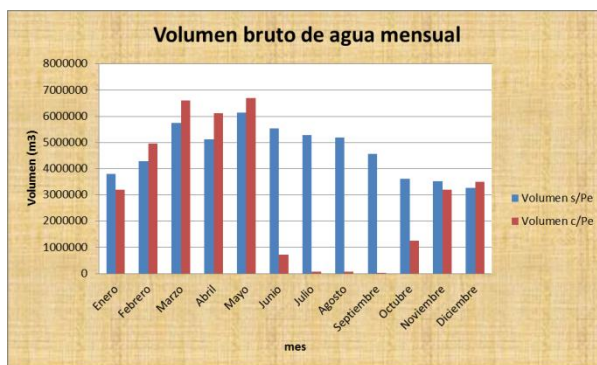


Figura 38.- Volumen bruto de agua mensual

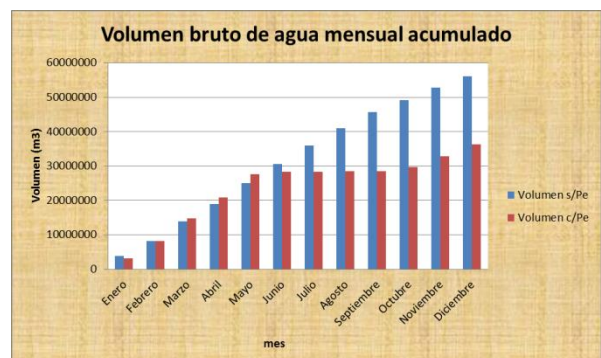


Figura 39.- Volumen bruto de agua mensual acum.

Tomando en cuenta la precipitación efectiva y el volumen bruto, tendremos un volumen para el NAMO de 36, 376, 462 m³.

La diferencia entre volumen bruto y volumen neto de agua, radica en que el volumen neto va dividido entre una eficiencia de acuerdo al sistema de riego elegido para cada cultivo.

3.3.3- Nivel de Aguas Máximo Extraordinario (NAME)

Es el nivel más alto que debe alcanzar el agua en el vaso bajo cualquier condición. El volumen que queda entre este nivel y el NAMO, llamado super-almacenamiento, sirve para controlar las avenidas que se presentan cuando el nivel en el vaso está cercano al NAMO.

El tránsito de avenidas en vasos es un procedimiento que sirve para determinar el Hidrograma de salida de una presa dado un Hidrograma de entrada. Algunas de sus principales aplicaciones son:

- a) Conocer la evolución de los niveles en el vaso y de los gastos de salida por la obra de excedencias, para saber si la política de operación de las compuertas del vertedor es adecuada y así, al presentarse una avenida, no se pongan en peligro la presa, bienes materiales o vidas humanas aguas abajo.
- b) Dimensionar la obra de excedencias.
- c) Fijar el NAME y las dimensiones de las obras de desvío y ataguías.

En el tránsito de avenidas en vasos se usa, como en la simulación del funcionamiento de vasos, la ecuación de continuidad:

$$I - O = \frac{dV}{dt}$$

Donde

$$I = \text{gasto de entrada al vaso}$$

$$O = \text{gasto de salida del vaso}$$

$\frac{dV}{dt}$ = *variación del volumen almacenado en tiempo* (Aparicio Mijares, 2012, p. 90)

Este se calcula realizando el cálculo por medio del software HEC-HMS al cual se le debe proporcionar información hidrológica y topográfica, como son las curvas y niveles característicos previos, hietogramas, características de nuestro vertedor, etc. Para obtener nuestros valores de gastos desalojados y con sus correspondientes valores de tirante o cargas sobre el vertedor para dimensionar y ubicar nuestro antes mencionado NAME.

Se realizó la modelación para un Periodo de Retorno de 10 000 años, se propuso un coeficiente C de 2, se propusieron y calculó el flujo con diferentes anchos de vertedor para observar la variación de las cargas sobre el vertedor y porcentaje de regulación de gasto, es decir que porcentaje de gasto que llega por la avenida mi presa será capaz de retener y con esto cumplir con otro objetivo de mi presa como

lo es el control de inundaciones, y poder elegir la óptima. En la tabla 24 se observa un resumen de anchos propuestos contra cargas y análisis de Gastos pico, para poder tomar la mejor decisión con respecto al ancho de vertedor.

Tabla 25.- Resumen de anchos de vertedor propuestos con sus cargas sobre vertedor y gastos.

Ancho Vertedor (m)	Elevación Pico (m)	h(m)	Gasto Pico (m ³ /s)	Gasto Vertedor (m ³ /s)	% Regulación Gasto
5	434.2	7.3	1497.5	195.9	87%
20	432.5	5.6	1497.5	535.6	64%
30	432	5.1	1497.5	679.7	55%
50	431.1	4.2	1497.5	871.4	42%
60	430.9	4	1497.5	941.8	37%
80	430.4	3.5	1497.5	1050.5	30%
100	430.1	3.2	1497.5	1131	24%
200	429.1	2.2	1497.5	1316.3	12%

Se eligió el ancho de vertedor de 30 metros con una elevación pico de 432 metros, lo que nos da una altura de vertedor de 5.09 metros el cual nos desalojará un 45% del gasto que esté llegando a la presa, nos garantizará que nuestro río reducirá un 55% el gasto que tenga como pico en una avenida extraordinaria de 10 000 años. En la Figura 39 se observa el Hidrograma de entrada (línea punteada) contra el de salida (línea llena) para dicho gasto en el vertedor mencionado.

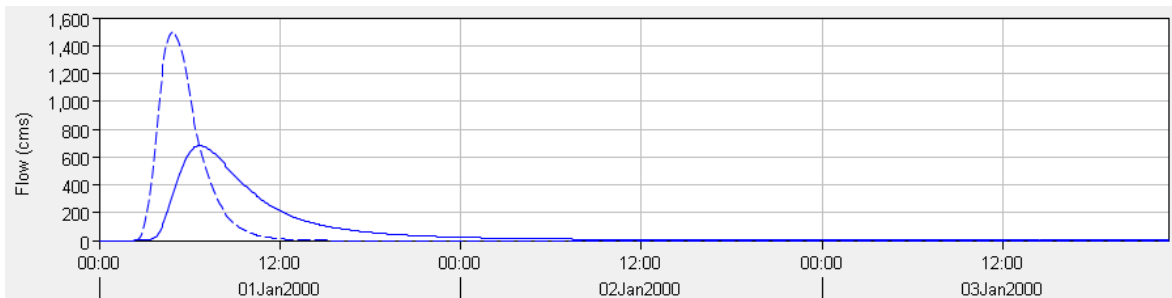


Figura 40.- Hidrograma Tr 10 000 años y vertedor de 30 metros de longitud.

Tabla 26.- Tabla resumen del Hidrograma.

Día	Tiempo	Gasto entrada (m3)	Volumen (m3)	Elevación (m)	Gasto Salida (m3)
1	02:00	0	47491	426.9	0
1	02:05	0	47491	426.9	0
1	02:10	0	47491	426.9	0
1	02:15	0	47491	426.9	0
1	02:20	0	47491	426.9	0
1	02:25	0	47491	426.9	0
1	02:30	0.1	47491	426.9	0
1	02:35	2.8	47491.5	426.9	0
1	03:05	152.5	47595.9	427	0.9
1	03:20	309.9	47798.3	427.1	4.5
1	05:25	1380.7	54964.3	431	498.2
1	06:30	765	56771.5	431.9	676.8
1	06:40	687	56799.7	432	679.7
1	07:10	494.8	56643	431.9	663.5
1	10:15	45.5	53171.2	430.1	340
1	12:30	7.2	51277.4	429	187.7
1	16:25	0	49563.1	428.1	78.1
2	11:30	0	47881.8	427.1	6.4
2	18:00	0	47765.7	427.1	3.8
2	23:00	0	47708.4	427	2.7
3	12:00	0	47622.1	427	1.3
3	23:00	0	47583.8	427	0.7

El área que hay entre los dos hidrogramas entre la parte inferior del de entrada (punteada) y la parte superior del de salida (llena), es el volumen máximo almacenado y es, por lo tanto, el volumen de super-almacenamiento requerido para la avenida de entrada considerada, y el nivel que se tiene en el vaso correspondiente a dicho volumen será el NAME necesario para esa avenida (Aparicio Mijares, 2012, p. 90). Siendo ese volumen de 9.4 millones de metros cúbicos.

En los anexos E se presentan los hidrogramas de entrada y de salida para los diferentes anchos de vertedores.

3.3.4.- Bordo libre

Es el espacio que queda entre el NAME y la máxima elevación de la cortina (corona), está destinado a contener el oleaje y la marea producidos por el viento, así como a compensar las reducciones en la altura de la cortina provocadas por sus asentamientos.

Existen dos fórmulas para el cálculo de la altura de la ola las cuales son:

$$a = 1.2 \sqrt[4]{F}$$

$$a = 0.76 + 0.34\sqrt{F} - 0.26 \sqrt[4]{F}$$

Donde F se le llama al Fetch, que es la máxima distancia que existe entre la cortina y cualquier punto sobre el espejo del agua al NAME y en la fórmula se introduce el valor en kilómetros (Figura 40).

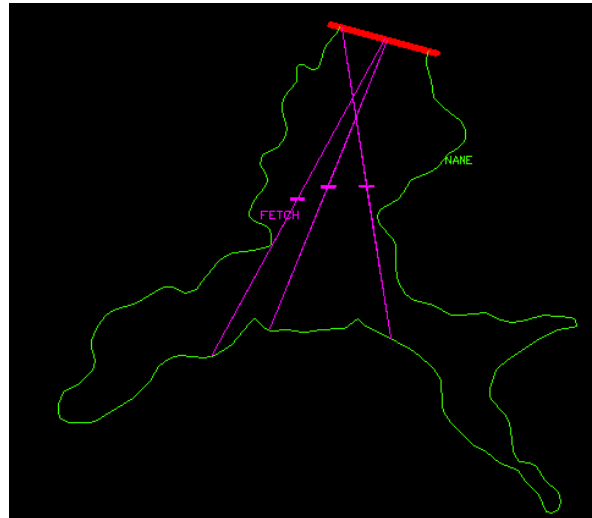


Figura 41.- Cálculo de FETCH.

Resulta un FETCH de 1.869 kilómetros, la altura de la ola para la primera fórmula es de 1.4 metros y para la segunda fórmula de 0.9 metros, se propondrá una presa de gravedad que será impermeable, por lo cual, el valor mayor se duplicará y quedará un valor de 2.8 metros de altura de ola. Se llegaría a un nivel 434.8 y le corresponderá de acuerdo a las curvas de elevación- volúmenes un volumen de 62.8 millones de metros cúbicos, la longitud de nuestra boquilla en la parte de arriba es de 486.78 metros.

III.4.- Resumen del Capítulo

Tabla 27.- Niveles característicos.

Fondo	NAMIN(m)	NAMO (m)	NAME (m)	Corona (m)
360	399.110783	426.91094	432	434.806167

Tabla 28.- Volúmenes característicos.

Volumen Azolve(Mm3)	Volumen útil (Mm3)	Volumen para control de avenidas (Mm3)	Volumen oleaje (Mm3)
11.11617571	36.376462	9.396118328	5.90160888

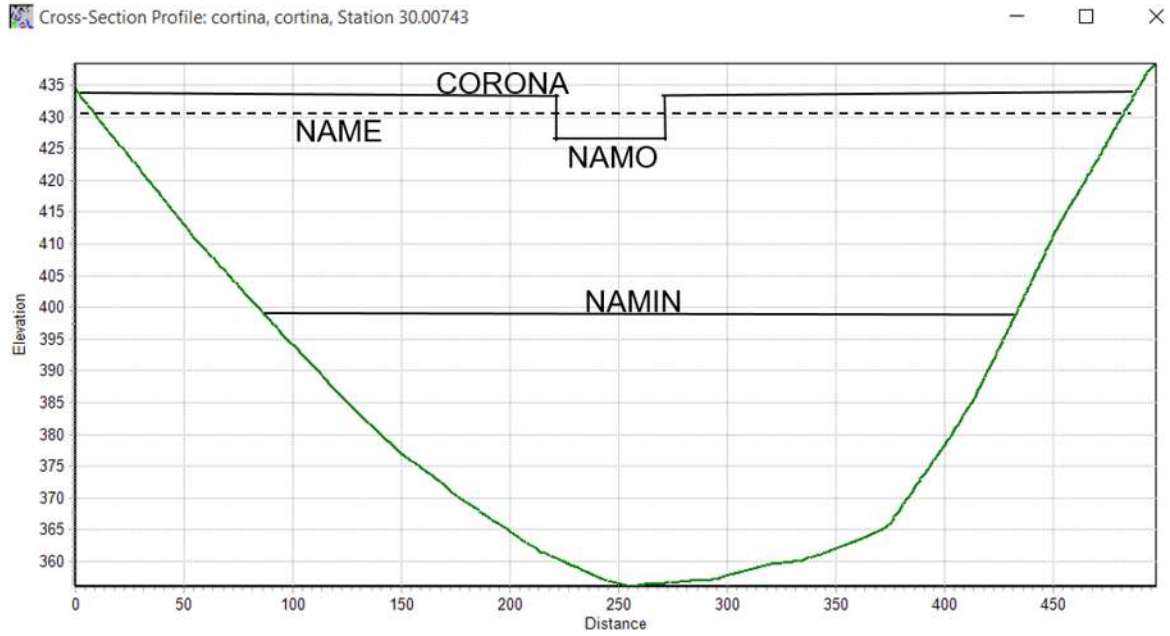


Figura 42.- Representación de niveles en sección transversal de cortina de presa.

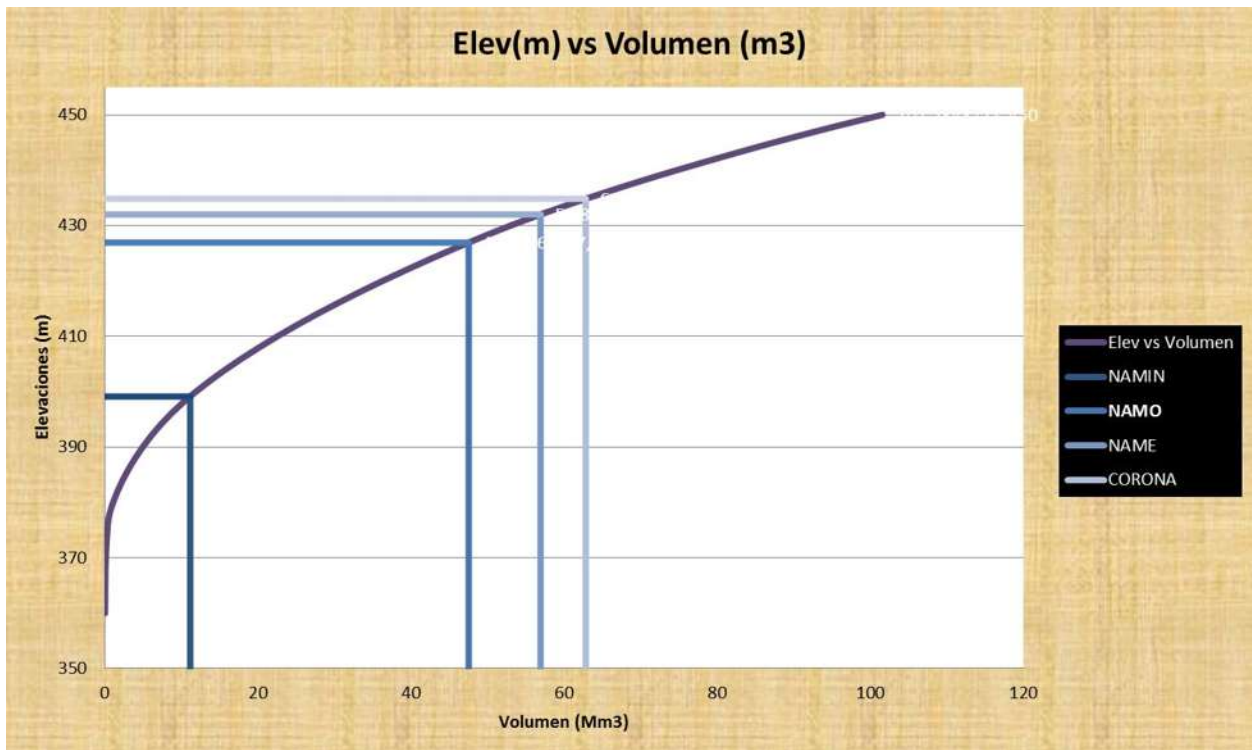


Figura 43.- Curva elevaciones vs Volumen.

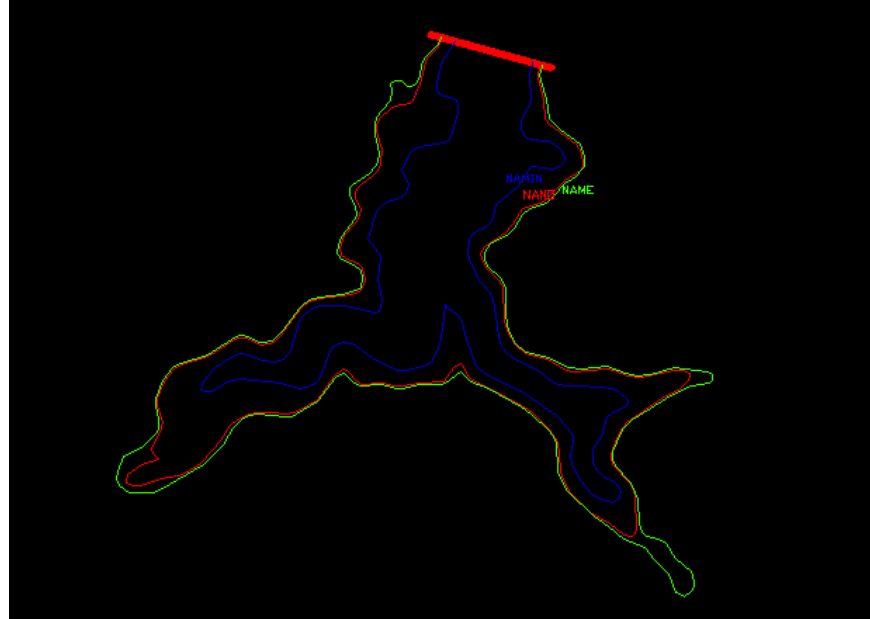


Figura 44.- Vista en planta de niveles característicos.

4. DISEÑO DE LA PRESA Y DE LA INFRAESTRUCTURA DE RIEGO

4.1.- Infraestructura de Riego.

Se hizo uso de un plano agrológico para determinar las zonas o predios que se verían beneficiadas con el proyecto, para este caso, la zona del Ejido del Naranjo de Chila.

El objetivo en este proyecto es entregar el agua a un grupo de usuarios por gravedad, siendo este volumen de agua el necesario para satisfacer las necesidades de la planta (uso consuntivo), proveído de acuerdo al sistema de riego más factible para cada cultivo proyectado este como el más conveniente con el fin de alcanzar los mejores resultados económicos y de funcionamiento en los aspectos agrícolas, en un punto alto o cercano a todos los predios.

4.1.1. Diseño de canales

Es importante mencionar los métodos que existen para la distribución del agua a los usuarios:

- a) Por tandeos o rotación
- b) Por demanda libre
- c) Por flujo continuo

- a) Método por Tandeos o Rotación. Se denomina también método por turnos. Los canales llevan un flujo intermitente según un régimen prefijado.

Es el adecuado para proporcionar por la red un caudal relativamente grande durante un periodo más o menos corto, aplicando el agua a los cultivos en temporadas fijas y determinadas de antemano

Cuando un grupo de usuarios ha terminado el riego de sus parcelas, se le suspende el suministro de agua y el caudal en el canal se pone a disposición de otro grupo, hasta complementar el tandeo de todos los usuarios comprendidos en toda la superficie tributaria del canal. La práctica de este exige la disciplina estricta por parte de los agricultores y una supervisión del personal de operación para que se cumplan los calendarios de riego. Se emplea en superficies extensas de suave relieve con suelos uniformes donde se práctica el monocultivo.

- b) Por demanda libre. - El suministro deberá hacerse en el momento y en la cantidad solicitada por el agricultor, dentro de los planes generales fijados por el programa de riegos. Para su aplicación eficiente y económica conviene

que el agricultor a cuyo juicio pueda elegir cuando efectuar el riego, tenga conocimientos y experiencia necesaria y además necesita asesoría técnica especializada en agricultura.

- c) Método por flujo Continuo. En la distribución por flujo continuo se entrega al agricultor un caudal constante en las 24 horas. El día durante toda la temporada de riego o intermitente, pero por caudal constante en determinados periodos de la temporada según resulten las necesidades de agua de los cultivos. (Pérez Morales & Molina Aguilar, 2013, pp. 41-42)

Para este proyecto se eligió el método por Tandeos o Rotación, para la asignación de caudales se ha realizado. La asignación o proyección de cada cultivo en cada zona se realizará de acuerdo a lo explicado a continuación de acuerdo a las características del cultivo, la topografía y edafología del suelo.

Cítrico: Permite ser cultivado en zonas con pendientes fuertes o planas, suelos con rocas pequeñas y con algunas zonas de grava gruesa, solucionando el problema del riego con el sistema de microaspersión, es el cultivo que mayor área ocupará con un total de 1767 hectáreas, por ser el fruto con mayor demanda en la región y tener un gran auge en la agroindustria, este puede ser toronja, naranja o preferentemente limón. Se proyecta que este cultivo sea plantado a una distancia de 8 x 8 metros, contando que tenga un total de 156.25 árboles por hectárea.

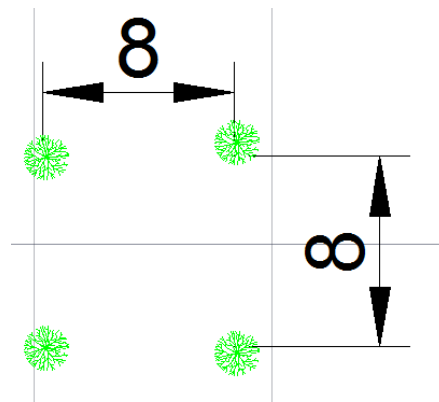


Figura 45.- Marco de plantación de limón (metros).

Cada planta de cítrico será regada por un microaspersor de 160 litros por hora.

$$156.25 \frac{\text{plantas}}{\text{hectárea}} \times 160 \text{ litros/hora/planta} = 25\,000 \text{ litros/hora/hectárea} = 7 \text{ litros/seg/ha}$$

Se requerirán 7 litros por segundo para cada hectárea.

El uso consuntivo para el mes de mayo que es el de mayor demanda para el cítrico es de 150.3 mm de lámina, si se toma en cuenta que se entregará agua para este cultivo cada 10 días, se dividirá entre tres este valor anterior, teniendo 50.1 mm de

lámina. El área ocupada que suele usarse que riegue a un limón es la que el aspersor extiende con su chorro, siendo este un círculo con un radio de 3.5 metros, ocupando un área de 9,62 m² por árbol.

A continuación, se calcula el requerimiento de agua total de la planta de acuerdo al uso consuntivo.

$$9.62 \text{ m}^2 \times .156.25 \text{ árboles} \times .0501 \text{ m lámina requerida} = 75.3 \text{ m}^3/\text{riego/ha}$$

Si los aspersores nos proporcionan 25 m³ por hora, por lo tanto, con 3 horas de riego es suficiente para cumplir la demanda cada diez días por hectárea.

Mango: Fruto con gran auge en esta zona de Tierra Caliente en el estado de Michoacán, se produce de gran calidad en esta región, el problema de este cultivo es que requiere una gran inversión inicial y la espera para cosechar es muy grande, motivo por el cual poca gente lo elige y por el cual se está proyectando para este trabajo un área relativamente pequeña, la cual es de 527.7 hectáreas. Se está proyectando en zonas planas de suelos francos generalmente luvisoles cercano a los ríos, aunque permite un poco de presencia de material grueso.

Se proyecta que este cultivo tenga un marco de plantación de 10 x 10 metros, contando que tenga un total de 100 árboles por hectárea.

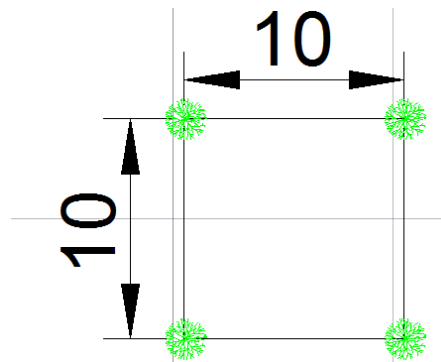


Figura 46.- Marco de plantación de mango (metros).

Cada planta de cítrico será regada por un microaspersor de 160 litros por hora.

$$100 \frac{\text{plantas}}{\text{hectárea}} \times 160 \text{ litros/hora/planta} = 16\,000 \text{ litros/hora/hectárea} = 4.44 \text{ litros/seg/ha}$$

Se requerirán aproximadamente 5 litros por segundo para cada hectárea.

El uso consuntivo para el mes de mayo que es el de mayor demanda para el cítrico es de 135.1 mm de lámina, si se toma en cuenta que se entregará agua para este cultivo cada 10 días, se dividirá entre tres este valor anterior, teniendo 45 mm de lámina por riego. El área ocupada que suele usarse que riegue a un mango es la

que el aspersor extienda con su chorro, siendo este un círculo con un radio de 3.5 metros, ocupando un área de 9,62 m² por árbol.

A continuación, se calcula el requerimiento de agua total de la planta de acuerdo al uso consuntivo.

$$9.62 \text{ m}^2 \times 100 \text{ árboles} \times .045 \text{ m lámina requerida} = 43.29 \text{ m}^3/\text{riego/ha}$$

Si los aspersores nos proporcionan 16 m³ por hora, por lo tanto, con 3 horas de riego es suficiente para cumplir la demanda cada diez días por hectárea.

Plátano: Fruto con un gran futuro en Tierra Caliente debido a que se dice que es el clima ideal para su cultivo, ya que la combinación de calor y bajas humedades a diferencia de las costas que es donde se cultiva en mayor proporción provoca que se produzca de gran calidad y protege contra la *sigatoca* plaga que afecta demasiado a los plátanos y que ha liquidado zonas completas de este cultivo. De preferencia se está proyectando muy cerca de los ríos, respetando las zonas federales, ya que los ríos tienen un arrastre de sedimentos que generan suelos luvisoles suaves compuestos por limo y arcilla y en las capas de abajo entre 1 y 2 metros de profundidad se encuentra una capa de arena la cual produce la filtración de un exceso de humedad.

Se está suponiendo que se cultivarán 246 hectáreas en terrenos escogidos con las características anteriores y se regarán con un sistema de micro-aspersión. El objetivo en el plátano es que se riegue todo el terreno, ya que este extiende su raíz en toda la superficie destinada, por lo tanto, se tiene que proyectar que la lámina de uso consuntivo calculada debe de estar en todo el terreno. Tomando en cuenta que los micro-aspersores mencionados lanzan su chorro creando una especie de sombrilla con un diámetro de 3.8 metros se instalarán a cada 3.5 metros en ambos sentidos, Teniéndose 28.57 micro-aspersores por línea y un total de 816.35 por hectárea. Los cuales me proporcionarán 130.612 m³/hectárea/hora o 36 litros/seg./hectárea.

Se tiene abril como mes de máxima demanda para este cultivo con una lámina de 178.1 mm, si se divide en tres riegos, se necesitaría una lámina de 59.36 mm y un requerimiento de 593.6 m³. Quedando cubiertas perfectamente con 5 horas de riego.

Pastos: No se pudo dejar de proyectar este cultivo, ya que en estos días al no tener agua disponible la mayoría de las personas se dedican a la ganadería, pastoreando su ganado vacuno, o bovino en ciertos puntos moviéndolos de lugar y se está

suponiendo que aunque ya halla agua disponible para cultivar, muchas personas querrán seguirse dedicando a la ganadería, no obstante el plan es instruir a las personas para si se siguen dedicando a la ganadería sea de una forma más eficiente, zonificando sus cultivos, dividiendo sus predios en pequeños potreros y moviendo al ganado para tener un mejor rendimiento del pasto. Se está proyectando que se utilizarán aspersores de 1” de diámetro de 3 kg/cm² de presión. Se eligieron 100 hectáreas para este cultivo.

De acuerdo a los datos técnicos de la empresa GIMEX dedicada a la fabricación de este tipo de equipos el aspersor con modelo 15ASPERS009CH de 1” de diámetro, lanza su chorro a una distancia de 20.5 metros para lograr un traslape efectivo de humedad se instalará un aspersor a cada 17.5 metros de longitud en ambos sentidos, teniendo un total de 32 aspersores por hectárea.

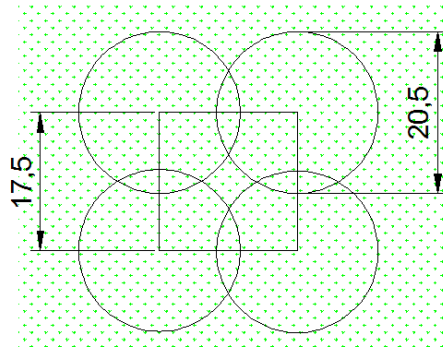


Figura 47.- Traslapes en plantación de pastos.

Cañón para riego GIMEX



Características:	
Para cuerda de tubo	1" 25.4 mm
Boquillas	2
Medida de la boquilla (mm)	7
Presión Mpa	0.30 0.40
Capacidad de agua (m ³ /h)	4.01 4.63
Rango (m)	19 20.5
	3.54 3.51
Fabricado en ZAMAC	
• Marca GIMEX	

* Exento del pago de iva

Código	Número	Medida
15ASPERS009CH	20PY2H	1"
1 pza. Master; 10 pzas.		Clave: "CHR"

Figura 48.- Datos técnicos en aspersor a usar para riego de pastos.

(Datos técnicos de equipos de aspersión GIMEX)

Este aspersor trabajando a condiciones de presión adecuadas, proporciona un promedio de $4.5\text{m}^3/\text{s}$, si tomamos en cuenta que se tendrán 32 aspersores por hectárea, tenemos un gasto de $144\text{ m}^3/\text{s}/\text{hectárea}$ o $40\text{ litros}/\text{segundo}/\text{hectárea}$. El uso consuntivo para el mes de abril es de 170.2 mm , si se divide para realizar tres riegos se tiene que cubrir 56.73 mm o $567.33\text{ m}^3/\text{hectárea}/\text{riego}$, quedando cubiertos perfectamente con 4 horas de riego.

Jitomate: Sin duda el municipio de Aguililla es conocido por su gran tradición para producir jitomate, no obstante esta zona de Aguililla por no tener agua no cuenta con esta posibilidad, se cree que si proveemos de agua esta zona como se tiene planeado, el cultivo de jitomate en este ejido se disparará y contaremos con una superficie aproximada de 726 hectáreas, se están proyectando que este cultivo esté junto y que se cultive en suelos suaves, aunque también pueden estar en zonas con topografía un poco accidentada por la posibilidad también de que se regará por un sistema de goteo. Este diseño se realizará con ayuda del software Riego Loc, al cual se le introdujeron datos de uso consuntivo diario, características del sistema del gotero (4 l/s), profundidad radicular de 0.30 metros y las características de un suelo franco, obteniendo los siguientes resultados:

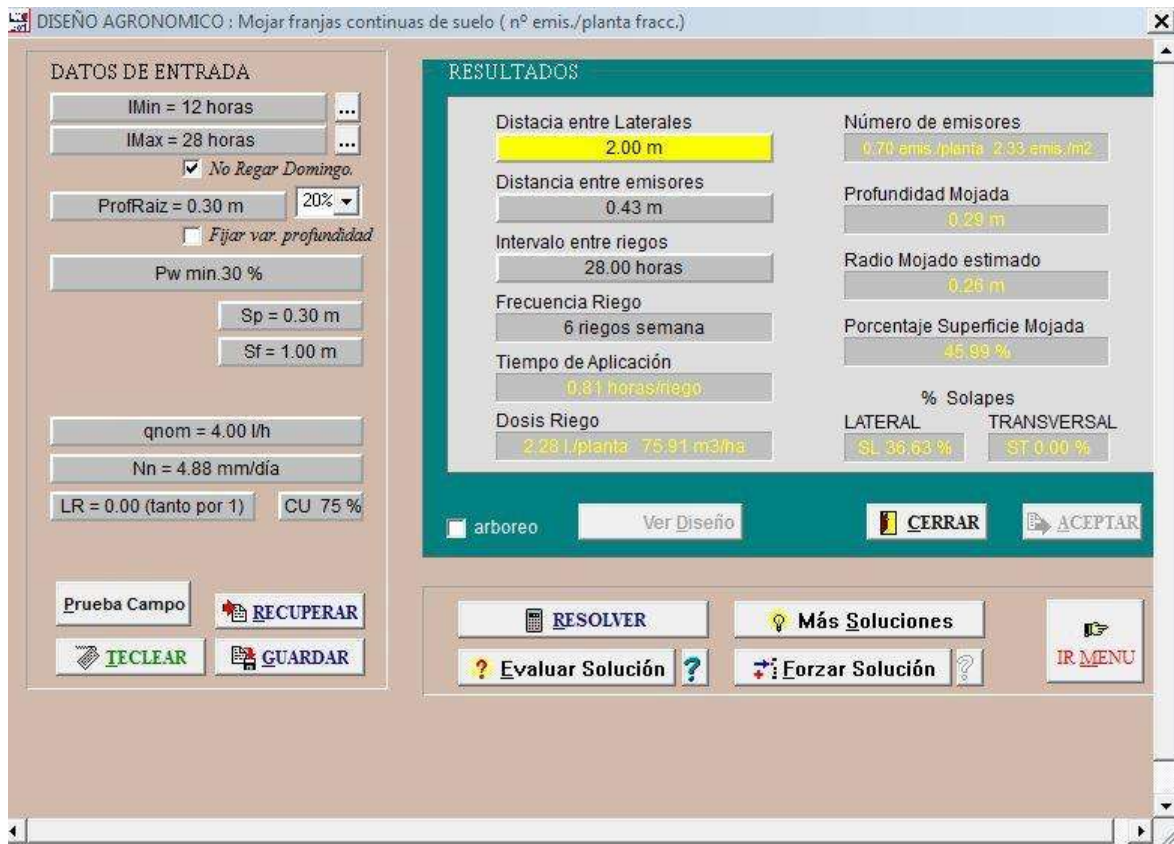


Figura 49.- Resultados Riego Loc para cultivo de jitomate.

Los cuales se regarán con un lateral para dos filas de cultivo, quedando de la siguiente manera:

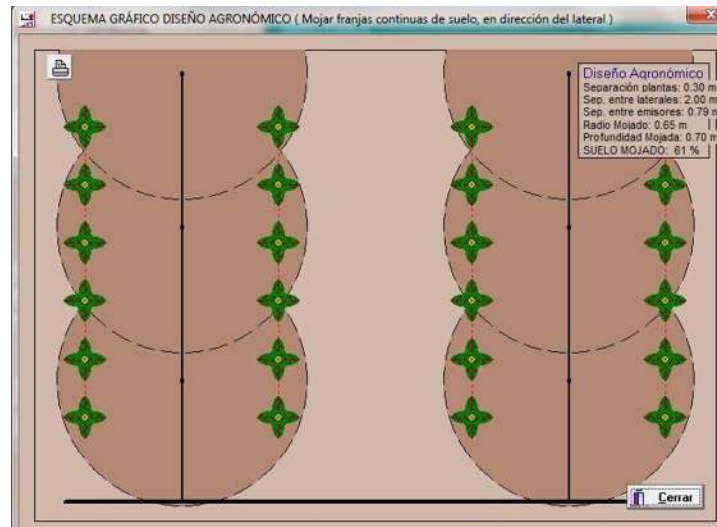


Figura 50.- Gráfico en el cual se muestra como un lateral riega 2 filas de jitomate.

Ubicando laterales a cada 2 metros y emisores a cada 0.43 metros, teniendo un total de emisores por hectárea de 11627, los cuales tendrán un gasto de 13 litros/segundo/hectárea arrojando, además el programa que los riegos deben de hacerse 6 de los 7 días de la semana (se propone descansar el domingo) durante 50 minutos, esto para el mes de máxima demanda que es marzo.

Los gastos y los diseños propuestos a continuación se hacen considerando el mes de máxima demanda, el cual es para jitomate es marzo, para pastos, mango y plátano es abril y para los cítricos es mayo, se agruparon por zonas las cuales se dividen con el criterio de que cada canal transportará 1000 litros por segundo y los predios estarán agrupados de acuerdo a los que les tocará un tandeo juntos, es decir, lo que este canal será capaz de regar al mismo tiempo.

Lateral 1.- A continuación se mencionan las distintas zonas que cubrirán este cultivo. Requiere 4 metros cúbicos cada 10 días.

Zona 1.- Se riega con el lateral 1, a los predios 1,2, 3 y 4 les llega agua del sub-lateral 1, son los predios 1 al 7, se compone de un total de 120 hectáreas, todas proyectadas para el riego de limón, requerirán 841 litros por segundo durante tres horas cada 10 días.

Zona 2.- Se riega con el lateral 1 en su totalidad, se comprende de los predios 8,9,11,12,13,14,16, está proyectada para que se cultiven limones, cuenta con una

superficie de 140.63 hectáreas, requerirá 984.5 litros por segundo durante tres horas cada 10 días.

Zona 4.- Se riega con el lateral 1 que le deriva el sub-lateral 1.3, se comprende de los predios 19, 20, 23, 24, 25, 26, 27, 28 y 32, con una superficie de 139.4 hectáreas proyectada para que se siembre cítrico en su totalidad, requerirá un gasto de 975 litros por segundo durante tres horas cada 10 días.

Zona 13.- Se compone de los predios 52, 53, 54, 69,70, 71 y 73. Esta zona es un caso especial, ya que el lateral 1 se extiende una distancia de 1500 metros más desde la zona 2 para entregar el agua en un punto alto y buscar la manera de entregarla con una cierta carga, de no ser factible esta propuesta, se tendrá que regar con bombeo desde el lateral 2, 200 metros antes del río Chila, teniendo que vencer un desnivel topográfico de más de 40 metros para hacer llegar el agua hasta el último predio (52). En toda su extensión se proyecta el cultivo de cítrico siendo 120.75 hectáreas, requiriendo 845 litros por segundo durante 3 horas cada 10 días.

Lateral 2.-

Zona 3.- Se riega con el lateral 2, se compone de los predios 10, 18 y 21, está proyectada para el cultivo de limones en su totalidad, cuenta con una superficie de 123.35 hectáreas, requiere 863.3 litros por segundo durante tres horas cada 10 días.

Zona 6.- Se riega con canal lateral 2, comprende los predios 35 y 39 los cuales están proyectados para el cultivo de pastos, se compone de 24.5 hectáreas y requerirá un gasto de 978.5 litros por segundo durante tres horas cada 10 días.

Zona 8.- Se riega con lateral 2, comprende los predios 22, 29,30, 31, 36, 40 proyectados para limón con una superficie de 83.46 hectáreas y de los predios 42 y 46 de 11 hectáreas de plátano, en total esta zona requiere de 989 litros por segundo durante 5 horas cada 10 días.

Zona 15.- Se compone de los predios 67, 68, 79, 80, 81, 83, 84, 85 proyectadas para mango y 82 proyectada para plátano, cuenta con una superficie total de 62 hectáreas, requerirá 1000 litros por segundo durante 5 horas cada 10 días.

Zona 16.- Se compone de los predios 72, 86, 87 y 88, en su totalidad proyectado para plátano por rodear la zona de una barranca que ha arrastrado sedimentos y forma un suelo ideal para este cultivo, cubre una superficie de 40 hectáreas y requerirá 1100 litros por segundo durante 5 horas cada 10 días.

Zona 19.- Se compone de los predios 49, 50, 64, 65, 66, 77, 78, 93, 94, 95 y 110 en su totalidad proyectado para mango, tiene un área total de 172 hectáreas y requerirá 930 litros por segundo durante 3 horas cada 10 días.

Zona 20.- Compuesto por los predios 97, 98, 99, 100, 103, destinados para mango y 116 para cítrico con una superficie total de 83.4 hectáreas requerirá un gasto de 467 litros por segundo durante 3 horas cada 10 días.

Zona 21.- Compuesto por los predios 74,75 y 104 para plátano con una superficie de 27.4 hectáreas y 101 de 10 hectáreas de mango, 102, 1117, 118, 119 para cítrico con 31 hectáreas, requiriendo 991.3 litros por segundo durante 5 horas cada 10 días.

Lateral 3.-

Zona 5.- Se riega con canal sublateral 3.1 que deriva del canal lateral 3, compone los predios 33,34 y 37 proyectados para cítrico y 38 proyectados para pastos con una superficie total de 65.7 hectáreas, con un requerimiento de 970 litros por segundo durante cuatro horas cada 10 días.

Zona 7.- Está compuesta por un solo predio de 33.13 hectáreas, el 44, el cual está proyectada que estará sembrada de plátano, se alimentará del lateral 3, con un requerimiento de 1192 litros por segundo durante 5 horas cada 10 días.

Zona 9.- Está compuesta por los predios 41, 43, 56, los cuales están proyectados para los cultivos de pastos, plátano y cítrico con 14, 8.3 y 5.7 hectáreas respectivamente tendrá que cubrir un gasto de 968 litros por segundo por 5 horas cada 10 días, se regará con el sublateral 3.1.

Zona 10.- Está compuesta por los predios 55, 57, 58, 59, 60, 61 y 62, los cuales en su totalidad se proyectan para cítricos, con una extensión de 110 hectáreas, que requerirá cubrir un gasto de 631.21 litros por segundo durante 3 hora y serán regados por el lateral 3.

Zona 11.- Está compuesta solamente por el predio 63, para siembra de plátano, con una superficie de 19.4 hectáreas requerirá 700 litros por segundo durante 5 horas cada 10 días.

Zona 12.- Se riega con canal lateral 3, compuesta por los predios 45 y 63 los cuales estarán se proyectan para cultivo de plátano con un total de 31 hectáreas, requerirá 1118 litros por segundo durante 5 horas cada 10 días.

Zona 14.- Se regará con el lateral 3, será para los predios 76, 89 y 90 en el cual se cultivará plátano y cítrico en los dos últimos, el primero cuenta con una superficie

de 22 hectáreas y 31 hectáreas, requerirá 1011 litros por segundo durante 5 horas cada 10 días.

Zona 17.- Se regará con el lateral 3, los predios 91 y 92 serán destinados para mango con una superficie de 31 hectáreas, el predio 105 se sembrará de cítrico y tendrá una superficie de 14.8 hectáreas, finalmente el predio 106 es proyectada para pastos con 15.84 hectáreas, juntos todos tendrán un requerimiento de 892 litros por segundo durante 4 horas cada 10 días.

Lateral 4.-

Zona 18.- Compuesta por los predios 107 y 108 proyectados para pastos, cuentan con una superficie de 29.9 hectáreas, requerirán de 1200 litros por segundo durante 4 horas cada 10 días.

Zona 22.- Compuesta por los predios 96, 109, 111, 112, 120, 121, 122, 123, 124, destinados para cultivo de mango, cubren una superficie de 123.5 hectáreas, y requerirá 831 litros por segundo durante 3 horas cada 10 días.

Zona 23.- Esta zona la componen los predios 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 143, 144, 145, todos destinados para el cultivo de algún cítrico ocupan un área de 137 hectáreas y necesitará 961.54 litros por segundo durante 3 horas cada días para cumplir con los requerimientos.

Lateral 5.-

Zona 24.- Compuesta por los predios 147, 148, 149, 150, 151, 152 plantados en su totalidad de jitomate suman una superficie de 86.3 hectáreas y requieren un gasto de 1123 litros por segundo durante 1 hora del día y este cultivo requiere 6 riegos por semana.

Zona 25.- Compuesta por los predios 128, 129, 153 y 154 proyectados para plátano, una superficie de 30 hectáreas que requerirá 1017 litros por segundo durante 5 horas cada 10 días.

Zona 26.- Compuesta por los predios 155 y 156 destinados para el cultivo del plátano, entre ambos suman una superficie de 30.2 hectáreas, las cuales requerirán 1089 litros por segundo durante 5 horas cada 10 días.

Zona 27.- Esta zona se compone por los predios 137, 138, 139, 140, 141, 142, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163 que suman un total de 116 hectáreas, requerirá un gasto de 879 litros por segundo durante 3 horas cada 10 días.

Zona 30.- Se compone por los predios 17, 181, 182, 183, 184, 191, 192, 193, 197, 198, 199, 200 los cuales suman un área total de 145 hectáreas, que estarán

sembradas de cítrico y requerirán un gasto de 1014 metros cúbicos por segundo durante 3 horas, 1 día cada 10 días.

Zona 31.- Compuesta por los predios 204, 205, 206, 207, 208, 209 y 210 que suman un área total de 70.3 hectáreas, estarán sembradas de jitomate, requiriendo un gasto de 1031 litros por segundo, una hora seis días por semana.

Zona 32.- Compuesta por los predios de 215 al 218, suman un total de 62.5 hectáreas, estarán sembradas de jitomate requiriendo un gasto de 806.6 litros por segundo 1 hora, seis días por semana.

Zona 33.- Compuesta por los predios 113, 114, 115, 125, 126, 127 146, suma un área total de 89.8 hectáreas, sembradas de jitomate, requiriendo un gasto de 1167 litros por segundo, regando una hora durante seis días de cada semana.

Zona 34.- Compuesta por los predios 179, 180, 201, 202 y 203 los cuales suman un área total de 78.85 hectáreas sembradas de jitomate, las cuales requerirán un gasto de 1025 litros por segundo, regando una hora diaria durante seis días de cada semana.

Zona 35.- Compuesta por los predios 211, 212, 213, y 214 los cuales suman un área total de 705 hectáreas las cuales estarán sembradas de jitomate, requerirán un gasto de 916 litros por segundo, regando una hora diaria durante seis días de cada semana.

Lateral 6.-

Zona 28.- Compuesta por los predios sucesivos en número del 164 al 175 que suman un área de 128.3 hectáreas, las cuales están destinadas para el cultivo del cítrico, y que requerirá un gasto de 898 litros por segundo durante 3 horas cada 10 días.

Zona 29.- Compuesta por los predios 185, 186, 187, 188, 189, 190, 194, 195, 196 que suman un área de 108.2 hectáreas destinadas para el cultivo del limón que se regarán con el lateral 6 y con el sub-lateral 6.1 necesitará un gasto de 1099.7 litros por segundo durante 3 horas cada 10 días.

A continuación se muestran las tablas resumen para cada lateral, las necesidades que debe cubrir y el gasto que circulará a través de cada uno de ellos.

	Zona	Gasto (m3/s)	Tiempo (horas)	Periodo (días)
Lateral 1	1	0.841	3	1/10
	2	0.9845	3	1/10
	4	0.975	3	1/10
	13	0.845	3	1/10

	Zona	Gasto (m3/s)	Tiempo (horas)	Periodo (días)
Lateral 2	3	0.8633	3	1/10
	6	0.9875	3	1/10
	8	0.989	5	1/10
	15	1	5	1/10
	16	1.1	5	1/10
	19	0.93	3	1/10
	20	0.467	3	1/10
	21	0.9913	5	1/10

	Zona	Gasto (m3/s)	Tiempo (horas)	Periodo (días)
Lateral 3	5	0.97	4	1/10
	7	1.192	5	1/10
	9	0.968	5	1/10
	10	0.63121	3	1/10
	11	0.7	5	1/10
	12	1.118	5	1/10
	14	1.011	5	1/10
	17	0.892	4	1/10

	Zona	Gasto (m3/s)	Tiempo (horas)	Periodo (días)
Lateral 4	18	1.2	4	1/10
	22	0.831	3	1/10
	23	0.961	3	1/10

	Zona	Gasto (m3/s)	Tiempo (horas)	Periodo (días)
Lateral 5	24	1.25	1	6/7
	25	1.017	5	1/10
	26	1.09	5	1/10
	27	0.879	3	1/10
	30	1.014	3	1/10
	31	1.107	1	6/7
	32	0.927	1	6/7
	33	1.167	1	6/7
	34	1.025	1	6/7
	35	0.916	1	6/7

	Zona	Gasto (m3/s)	Tiempo (horas)	Periodo (días)
Lateral 6	28	0.9	3	10
	29	1.1	3	10

Tabla 29.- Resumen de Calendario de riego.

De acuerdo a las tablas anteriores los turnos o tandeos quedarán de la siguiente manera:

Lateral 1: tendrá su turno de agua con un caudal de 1 m³/s un día de cada 10 días durante 12 horas, Entregará un volumen de 129 600 metros cúbicos en el mes de máxima demanda.

Lateral 2: Tendrá su turno 4 días cada 10 días durante 8 horas con un caudal de 1 m³/s, entregará un volumen de 345 600 metros cúbicos en el mes de máxima demanda.

Lateral 3: Tendrá su turno 4 días cada 10 días durante 10 horas con un caudal de 1.2 m³/s, entregará un volumen de 518400 metros cúbicos en el mes de máxima demanda.

Lateral 4: Tendrá su turno 1 día de cada 10 días durante 10 horas con un caudal de 1.2 m³/s, entregará un volumen total de 129 600 metros cúbicos en el mes de máxima demanda

Lateral 5: Este canal trabajará 6 días de 7 de cada semana con 1.2 m³/s y verterá además 2 días cada 10 días durante 8 horas 1.2 m³/s adicionales, por lo que deberán de ser mayores su dimensiones, entregará un volumen total de 907 200 metros cúbicos en este mes de máxima demanda.

Lateral 6: Trabajará 6 horas un día cada 10 días, un caudal de 1.1 m³/s, entregando un volumen total de 71 280 metros cúbicos en el mes de máxima demanda.

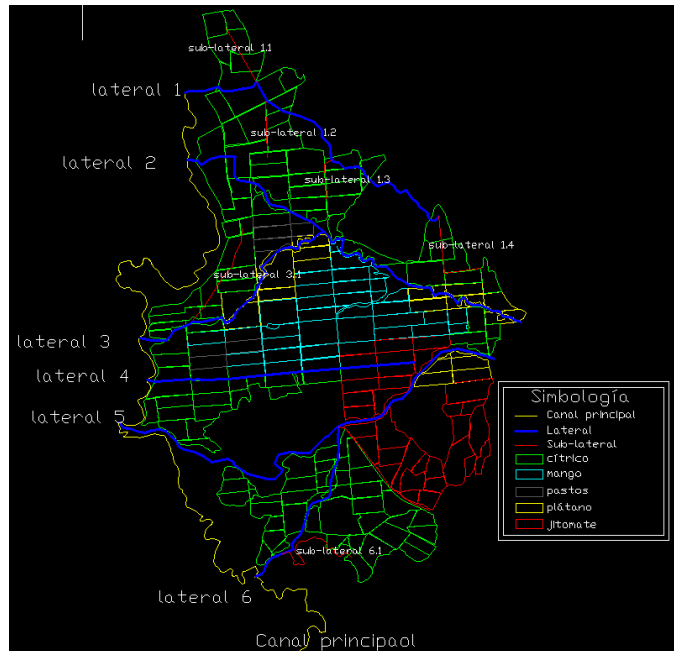


Figura 51.- En la imagen se muestra la ubicación de los distintos laterales de riego y los colores de acuerdo al cultivo.

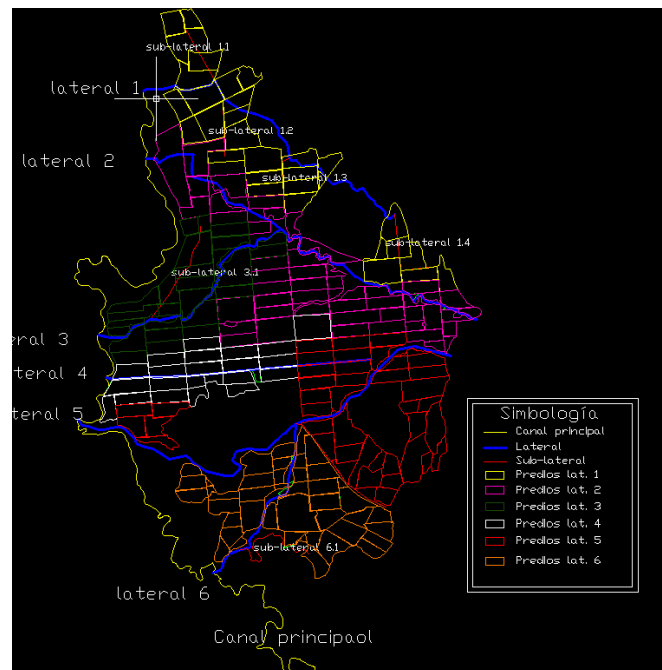


Figura 52.- En la imagen se muestra la ubicación de los distintos laterales de riego y con los colores, los predios que cada uno regará.

Los laterales 1 y 2 se diseñarán con una capacidad de 1 m³/s, el 3 y 4 con una capacidad de 1.2 m³/s, el 5 con una capacidad de 2.4 m³/s y el lateral 6 con una capacidad de 1.2 m³/s, el canal principal se diseñará con capacidad de 3.6 m³/s para absorber la posibilidad de que se combine trabajar el lateral 5 simultáneamente con otro canal.

La obtención de las secciones transversales y perfiles se realizaron con ayuda de la descarga de modelos digitales de elevación de INEGI, fueron llevados al software Arc Gis y con la extensión Hec Geo Ras se llevó a cabo la obtención de la topografía para posteriormente obtener los perfiles en el software Hec-Ras, tomar en cuenta que este software realiza los cadenamientos de aguas abajo a aguas arriba.

El número de Manning elegido es de acuerdo al libro de Sotelo (Sotelo Ávila, 2002, pp. 95-98), es de 0.025 correspondiente a un canal excavado en tierra, sinuoso, con velocidades no erosionables y sin vegetación.

Canal Principal.- Este canal se tiene que diseñar para un gasto de 3.6 m³/s, como se explicó anteriormente. La cubeta deflectora de la presa, desembocará en el río Chila original, en el cadenamiento 32175 con una cota de 356, hasta el punto final de este canal principal donde termina con el cadenamiento 5598.43 con una cota de 335 metros. El perfil de elevación se muestra a continuación. Se trazó una rasante de la cota 356 a 335 con una diferencia de alturas de 21 metros y una longitud de canal de 24864 metros se tiene una pendiente de 0.00084.

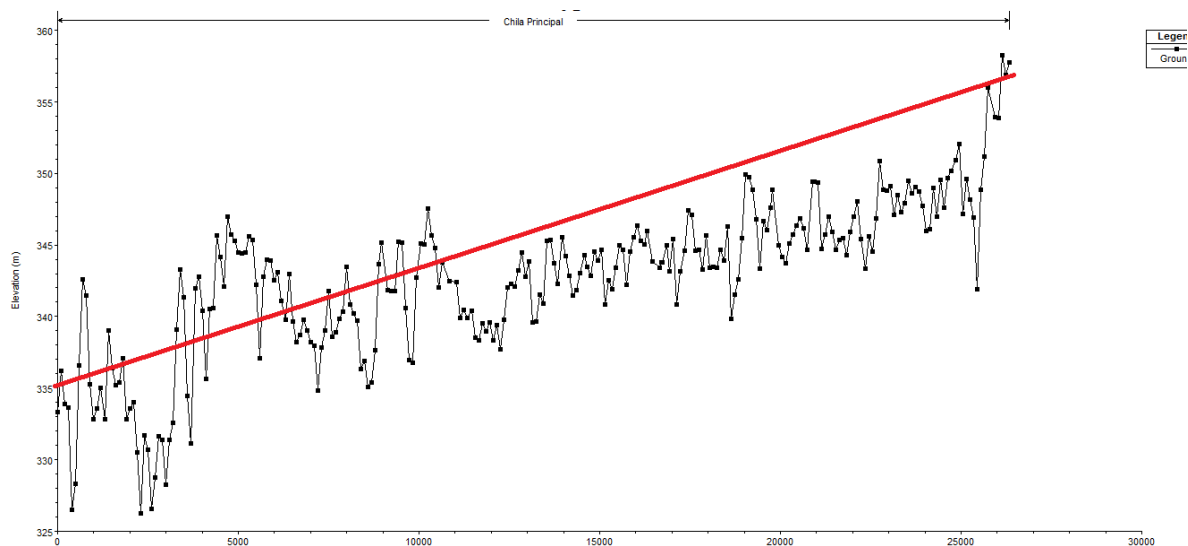


Figura 53.- Perfil de elevación con la rasante del canal (color rojo).

A continuación, se realiza el cálculo de nuestra sección transversal, con ayuda del software H Canales, tomando en cuenta el cálculo de la sección de máxima eficiencia (Pérez Morales & Molina Aguilar, 2013, p. 71).

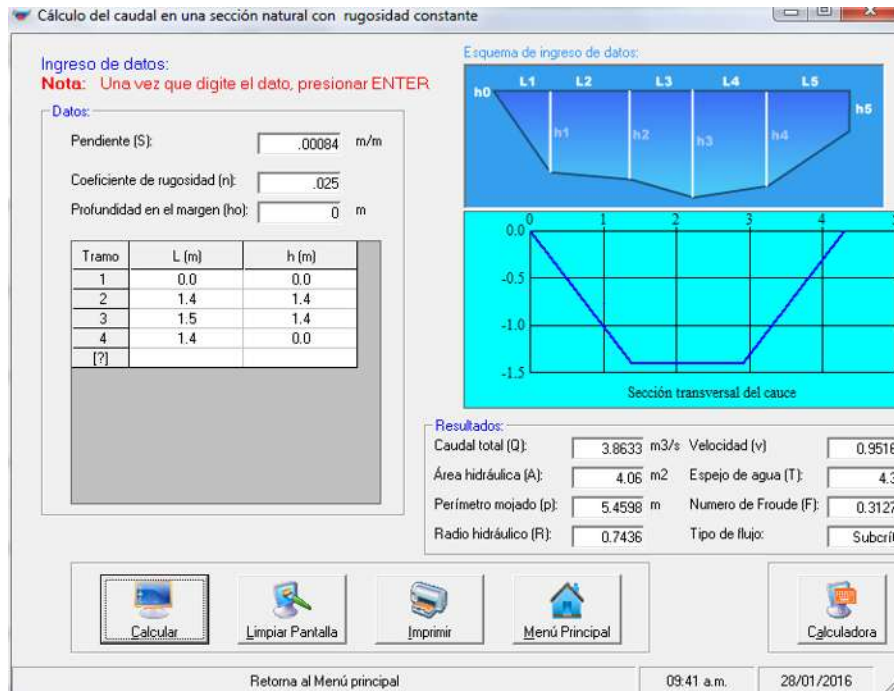


Figura 54.- Cálculo de sección transversal con software H Canales.

Cálculo de sección de máxima eficiencia.

Es aquella con radio hidráulico máximo y perímetro mojado mínimo, para que nos de la máxima capacidad (se cumple generalmente en canales de sección pequeña). Está dada por la relación:

$$\frac{b}{d} = 2tg \frac{\theta}{2} \quad \text{o} \quad Rh = 0.5 y$$

Proponiendo una sección transversal trapecial de 1.5 metros de base y 1.4 metro de tirante y un k de 1 aunque la sección de máxima eficiencia es aquella donde el ángulo que forma el talud con la horizontal es 60°, pero tomando en cuenta que es un canal excavado en tierra y no se cuenta con el estudio del ángulo de estabilidad del material, se tomó un ángulo del talud con la horizontal de 45°, o un k de 1, teniendo los resultados siguientes valores:

$$A = (b + ky)y = 4.06 \text{ m}^2$$

$$P = b + 2\sqrt{1 + k^2} y = 5.74 \text{ m}^2$$

$$Rh = 0.7$$

$Rh = (0.5 * y) = 0.7$ por lo tanto, se acepta como sección de máxima eficiencia.

Cálculo de Bordo Libre:

-Villón Béjar (Anexo G.1) = De acuerdo al ancho de plantilla de 1.5 metro tenemos un bordo libre de .5 metros.

-U.S. BUREAU OF RECLAMATION. - $BL = \sqrt{CY}$

Dónde: B.L. = Borde libre, en metros

C = 1.5 para caudales menores a .5663 m³/s, y hasta 2.5 para caudales del orden de los 85 m³/s

Y = Tirante del canal, en metros.

Tomando un c de 2, para mi canal tengo un B.L. de 1.67

-CONAGUA. - De acuerdo a la CNA el bordo libre es igual a una cuarta parte del tirante B.L.=.25y

Mi B.L. de acuerdo a CONAGUA es de 0.35 metros.

Tomaré el criterio de Máximo Villón Béjar, por lo tanto, mi sección definitiva queda de la siguiente manera:

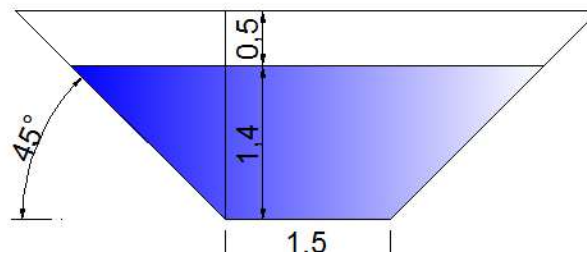


Figura 55.- Sección definitiva para canal principal.

Bajo el mismo criterio se diseñaron los demás canales, a continuación, se muestra la tabla resumen.

Tramo	Longitud(m)	Desnivel top. (m)	s	n	Capacidad (Q)	y (m)	b (m)	k	Velocidad(m/s)	Tipo de Flujo	B.L. (m)
Principal	26577	21	0.00084	0.025	3.6	1.4	1.5	1	0.3	subcrítico	0.5
Lateral 1	1100	23.6	0.02145	0.015	1	0.4	0.4	1	3.4382	supercrítico	0.4
	5160.93	3.96	0.00076	0.025	1	0.9	1	1	0.68	subcrítico	0.5
Sublateral 1.1	1144.417	6	0.0052	0.025	1	0.6	0.7	1	1.36	subcrítico	0.5
sublateral 1.2	1061.862	6	0.0052	0.025	1	0.6	0.7	1	1.36	subcrítico	0.5
sublateral 1.3	804.298	4.18	0.0052	0.025	1	0.6	0.7	1	1.36	subcrítico	0.5
sublateral 1.4	1065.7	5.54	0.0052	0.025	1	0.6	0.7	1	1.36	subcrítico	0.5
Lateral 2	200	50	0.5	0.015	1	0.3	0.5	0	7.5	supercrítico	0.4
	6690.456	34.788	0.0052	0.025	1	0.6	0.7	1	1.36	subcrítico	0.5
lateral 3	4346.9	22.6	0.0052	0.025	1	0.6	0.7	1	1.36	subcrítico	0.5
Sub lateral 3.1	2031.658	10.56	0.0052	0.025	1	0.6	0.7	1	1.36	subcrítico	0.5
Lateral 4	4992	25.95	0.0052	0.025	1	0.6	0.7	1	1.36	subcrítico	0.5
Lateral 5	8760.04	45.55	0.0052	0.025	1	0.6	0.7	1	1.36	subcrítico	0.5
Lateral 6	3194.54	16.11	0.0052	0.025	1	0.6	0.7	1	1.36	subcrítico	0.5
sub lateral 6.1	2403.88	12.5	0.0052	0.025	1	0.6	0.7	1	1.36	subcrítico	0.5

Tabla 30.- Resumen de cálculo para dimensiones de canales.

4.2.- DISEÑO DE LA PRESA

Una presa de gravedad es aquella estructura cuya estabilidad frente a las fuerzas externas actuantes sobre ella, se debe fundamentalmente a la fuerza de su peso propio (Arreguín Cortés F. , 2000). Para nuestra presa se propone un talud aguas abajo de 0.85 y aguas arriba de 0.075, lo que nos dará una geometría preliminar de nuestra presa, además se propondrá una cubeta deflectora de 3 metros.

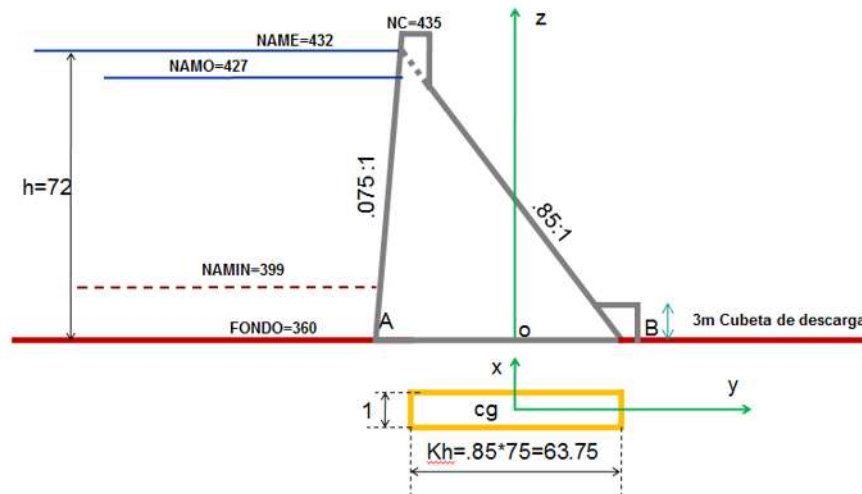


Figura 56.- Dimensionamiento de la sección transversal no vertedora.

4.2.1.- Diseño del perfil del cimacio vertedor.

Diversos investigadores se han preocupado por estudiar la forma que debe darse a las crestas vertedoras, Creager W.P. 1929, basado en mediciones hechas por Bazin H.E. en 1890, y otras realizadas por él mismo en 1917, sugirió darle forma del perfil inferior de una vena líquida cayendo de un vertedor de pared delgada con ventilación.

Con esto se pretende evitar depresiones sobre el cimacio, reducir la erosión en el mismo y aumentar su eficiencia. Creager encontró el perfil que cumplía con estas condiciones, sin embargo, existían diferentes zonas alejadas de la cresta en el perfil propuesto y el del agua, debido a que el autor realizó mediciones únicamente en mediciones cercanas a la cresta.

Scimemi E., 1930, realizó una serie de experimentos tendientes a definir el perfil de agua en zonas alejadas de la cresta, y propuso la siguiente ecuación:

$$\frac{y}{H_0} = -0.5 \left(\frac{x}{H_0} \right)^{1.85}$$

Dónde:

H_0 , Carga de diseño

x, y , Coordenadas de un sistema cartesiano con origen en la arista superior del vertedor de cresta delgada, y sentidos positivos de los ejes hacia la derecha y hacia arriba respectivamente (Arreguín Cortés F. I., 2000).

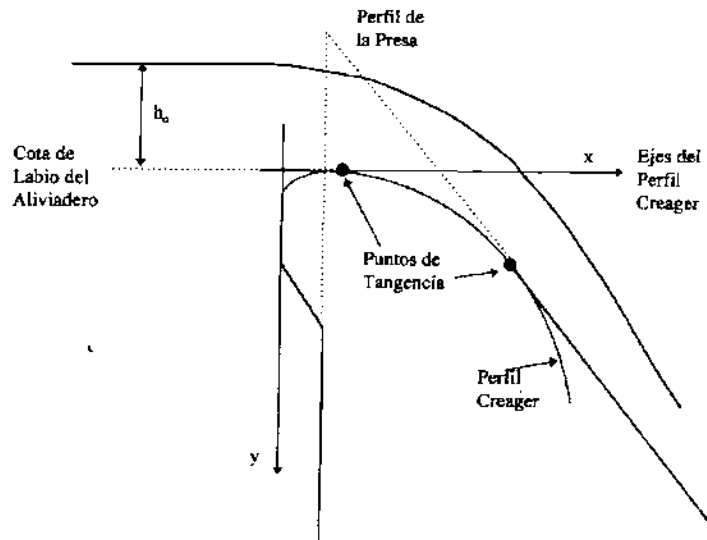


Figura 57.- Diseño de perfil de cimacio tipo Creager.

PERFIL CREAGER $H_d = 5 \text{ m}$	
Coordenada X	Coordenada Y
0	-5.126
0.1	-5.036
0.2	-5.007
0.3	-5
0.4	-5.007
0.6	-5.06
0.8	-5.142
1	-5.257
1.2	-5.397
1.4	-5.565
1.7	-5.87
2	-6.22
2.5	-6.96
3	-7.82
3.5	-8.82
4	-9.93
4.5	-11.22

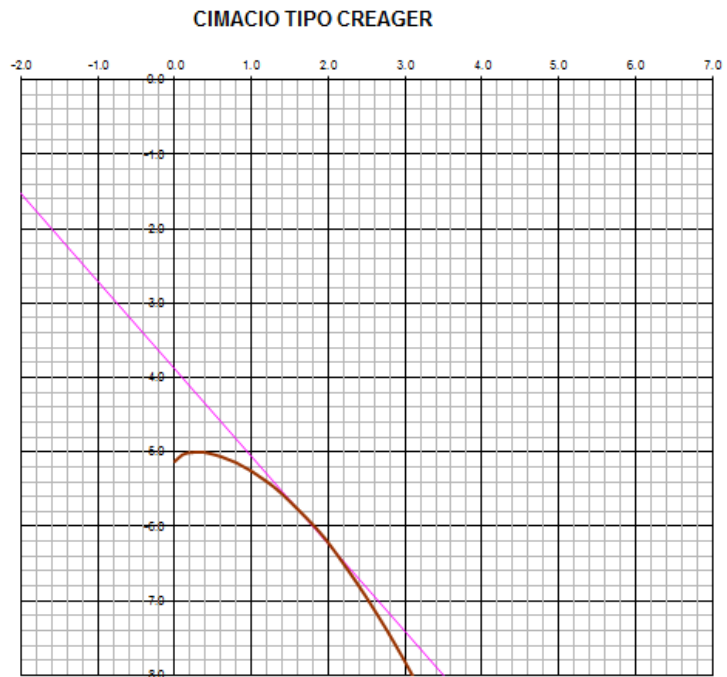


Figura 58.- Perfil del cimacio (café) y paramento aguas debajo de nuestra presa.

4.2.2.- Determinación de las fuerzas actuantes.

El objeto de calcular las cargas actuantes es determinar los momentos de volteo para aplicar las fórmulas correspondientes a las combinaciones de carga y esfuerzos permisibles para comprobar la estabilidad de nuestra presa.

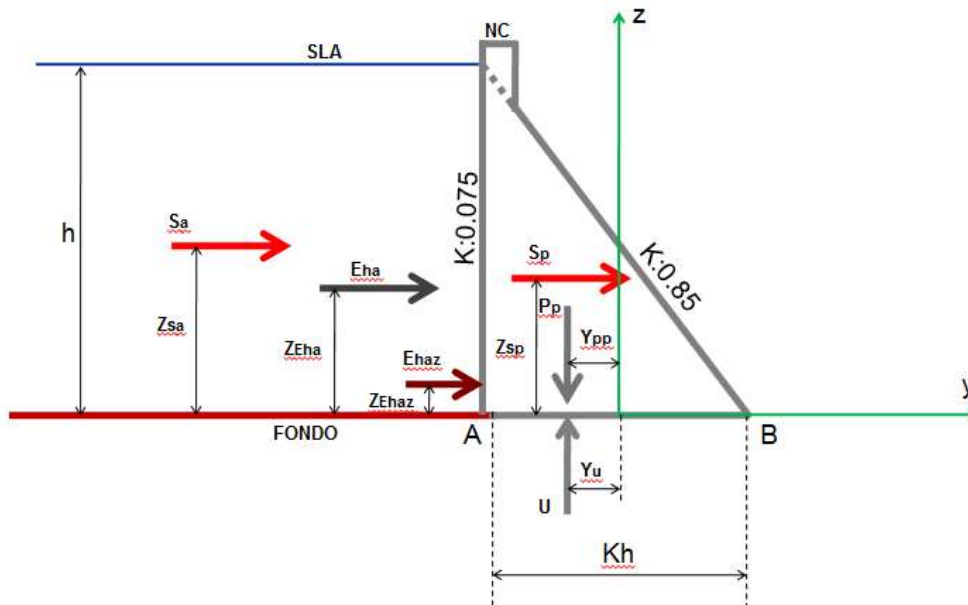


Figura 59.- Fuerzas actuantes de la presa.

Se analizarán los esfuerzos actuantes para un metro de sección transversal y para la determinación de los momentos actuantes se usa como referencia la cimentación.

Tabla 31.- Características físicas de los materiales.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES							
COEFICIENTES DE RESISTENCIA DEL MATERIAL			RESISTENCIA COMPRESION	RESISTENCIA A LA TENSION	COHESION	PESO ESPECIFICO MATERIAL	PESO ESPECIFICO DEL AGUA
TENSION	COHESION	ANGULO (FI)	T/m2	T/m2	T/m2	T/m3	T/m3
0.03	0.095	45	2000	60	190	2.4	1

4.2.2.1.- Peso propio de la presa (Vertical).

Se descompondrá el peso de la propia en 4 Pp y sus respectivos YPp ocasionando momentos MPp:

Pp1: Peso del cajón debajo del cimacio y cuyo ancho está determinado por el punto de tangencia entre el cimacio y el paramento aguas abajo.

Pp2: Peso del triángulo ubicado debajo del paramento aguas abajo.

Pp3: Peso del triángulo ubicado debajo del paramento aguas arriba.

Pp4: Peso de la cubeta de descarga.

$$Pp_1 = (5.1m)(67m)(2.4 t/m^3) = 820.08 t/m$$

$$Pp_2 = (0.5)(56.1m)(66m)(2.4 t/m^3) = 4443.12 t/m$$

$$Pp_3 = (0.5)(5.025m)(67m)(2.4 t/m^3) = 404.01 t/m$$

$$Pp_4 = (.5)(2.55m)(3m)(2.4 t/m^3) = 9.18 t/m$$

$$MPp_1 = Pp_1 * Y Pp_1 = (820.08 t/m)(-25.5375 m) = -20942.8 T * m/m$$

$$MPp_2 = Pp_2 * Y Pp_2 = (4443.12 t/m)(-9.3125) = 41376.555 T * m/m$$

$$MPp_3 = Pp_3 * Y Pp_3 = (404.01)(-29.7625) = -12024.3476 T * m/m$$

$$MPp_4 = Pp_4 * Y Pp_4 = (9.18)(32.2625) = 296.17 T * m/m$$

Esfuerzos y momentos totales:

$$Pp = 5676.39 t/m$$

$$MPp = -74047.5259 T * m/m$$

4.2.2.2.- Peso debido al agua (Vertical).

Debido a la presencia de talud aguas arriba se tendrá una cuña de agua que ejercerá un peso propio Pa y MPa en el sentido vertical:

$$Pa_{NAMO} = (.5)(5.025 m)(67m)(1 ton/m^3) = 168.3375 t/m$$

$$Pa_{NAME} = (.5)(5.4 m)(72m)(1 ton/m^3) = 194.4 t/m$$

$$MPa_{NAMO} = (168.3375 t/m)(-31.4375m) = -5292.11 T * m/m$$

$$MPa_{NAME} = (194.4)(-31.3287m) = -6060.9352 T * m/m$$

4.2.2.3.- Empuje hidrostático debido al agua (Horizontal).

$$Eha_{NAMO} = (.5)(67m)(67m)(1 ton/m^3) = 2244.5 t/m$$

$$Eha_{NAME} = (.5)(72m + 5m)(67m)(1 ton/m^3) = 2579.5 t/m$$

$$MEha_{NAMO} = Eha_{NAMO} * ZEha_{NAMO} = (2244.5 t/m) * (22.33m) \\ = 50 119.7 T * m/m$$

$$MEha_{NAME} = Eha_{NAME} * ZEha_{NAME} = (2579.5 t/m) * (23.7835) \\ = 61349.54 T * m/m$$

4.2.2.4.- Peso (Vertical) y Empuje Hidrostático (Horizontal) debidos al Azolve.

Los azolves que acarrea la corriente se depositan en el vaso y ejercen empujes en el paramento aguas arriba de la presa, que son mayores que los empujes hidrostáticos.

Donde $K_a Y's$ es igual a 0.36 t/m^3 y $Y's$ es igual a 0.92 t/m^3 .

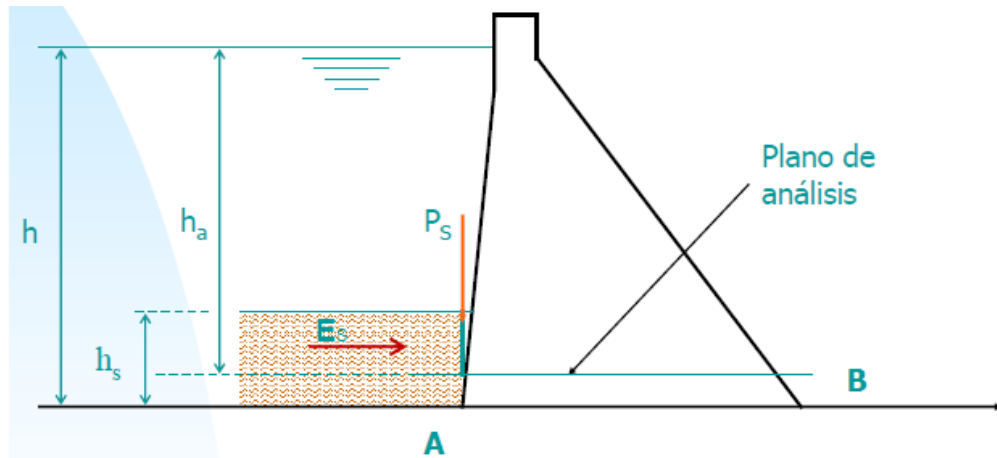


Figura 60.-Diagrama para la determinación de las fuerzas actuantes en una presa como producto del azolve.

$$E_{haz} = 1/2 K_a Y's h_s^2 = (0.5)(.36 \text{ t/m}^3)(39 \text{ m})^2 = 273.78 \text{ t/m}$$

$$P_{az} = 1/2 Y's k_{Tarr} (h_a - (h - h_s))^2 = (0.5)(0.92 \text{ t/m}^3)(0.075)(39 \text{ m})^2 = 52.4745 \text{ t/m}$$

4.2.2.5.- Sub-presión (Vertical).

Cuando se construyen drenes, el diagrama original de presiones se abate y se procede a dividir el diagrama de sub-presión en esfuerzos U y momentos MU parciales. Propondré una distancia del talón A a los drenes de 3 metros y se considerará que aguas abajo no se tiene un tirante de agua (Arreguín Cortés F. , 2000, p. 40).

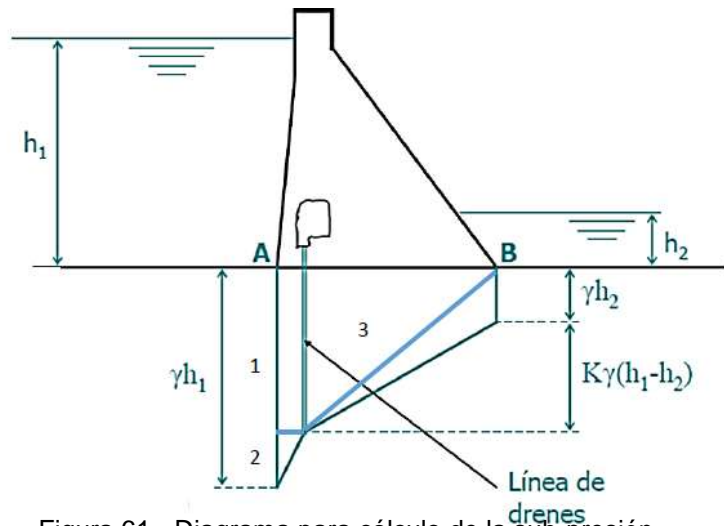


Figura 61.- Diagrama para cálculo de la sub-presión.

Se tomará un k de 0.25 de acuerdo al USBR.

$$U_{1NAMO} = -dk \gamma (h_1 - h_2) = -3m(0.25)(1\text{ton}/\text{m}^3)(67m) = 50.25 \text{ ton}/\text{m}$$

$$\begin{aligned} U_{2NAMO} &= -0.5d (\gamma h_1 - K \gamma (h_1 - h_2)) \\ &= -(0.5)(3m)((1\text{ton}/\text{m}^3)(67m) - (0.25)(1\text{ton}/\text{m}^3)(67m - 0m)) \\ &= -75.375 \text{ ton}/\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_{3NAMO} &= -0.5(AB - d)K \gamma (h_1 - h_2) = -(0.5)(66.225m - 3m)(0.25)(1\text{ton}/\text{m}^3)(67m) \\ &= -529.51 \text{ Ton} * \text{m}/\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MUU_{1NAMO} &= U_{1NAMO} * YU_{1NAMO} = (-50.25 \text{ ton}/\text{m})(-31.6125m) \\ &= 1589.15625 \text{ Ton} * \text{m}/\text{m} \end{aligned}$$

$$MU_{2NAMO} = (-75.375 \text{ ton}/\text{m})(-32.1125m) = 2420.48 \text{ Ton} * \text{m}/\text{m}$$

$$MU_{3NAMO} = (-529.51 \text{ ton}/\text{m})(-9.0375) = 4785.45 \text{ Ton} * \text{m}/\text{m}$$

Esfuerzos de subpresión y momentos totales:

$$U_{NAMO} = -655.13\text{ton}/\text{m}$$

$$MU_{NAMO} = 8794.4 \text{ ton} * \text{m}/\text{m}$$

Se realiza el mismo procedimiento para el NAME $h_1=75$ teniendo como resultado:

$$U_{NAME} = -704.025 \text{ ton/m}$$
$$MU_{NAME} = 9450.75 \text{ ton * m/m}$$

4.2.2.6.- Empuje de la presa debido al sismo (Horizontal)

Para determinar el empuje del sismo en la presa Sp se multiplican los pesos propios por un coeficiente sísmico ($\lambda=.48$, elección de este coeficiente anexo H1), obteniendo resultados Momentos MSp.

$$SPp1 = Pp1 * \lambda = (820.08 \text{ ton/m})(0.48) = 393.64 \text{ ton/m}$$

$$SPp2 = Pp2 * \lambda = (4443.12 \text{ ton/m})(.48) = 2132.7 \text{ ton/m}$$

$$SPp3 = Pp3 * \lambda = (404.01 \text{ ton/m})(.48) = 193.925 \text{ ton/m}$$

$$SPp2 = Pp2 * \lambda = (9.18 \text{ ton/m})(.48) = 4.4 \text{ ton/m}$$

$$MSPp1 = (393.64 \text{ ton/m}) * (33.5 \text{ m}) = 13186.88 \text{ Ton * m/m}$$

$$MSPp2 = (2132.7 \text{ ton/m}) * (22 \text{ m}) = 46919.35 \text{ Ton * m/m}$$

$$MSPp3 = (193.925 \text{ ton/m}) * (22.33 \text{ m}) = 4330.99 \text{ Ton * m/m}$$

$$MSPp4 = (4.4 \text{ ton/m}) * (1 \text{ m}) = 4.4 \text{ Ton * m/m}$$

Esfuerzos y Momentos totales:

$$SP = 2724.67 \text{ ton/m}$$

$$MSP = 64441.627 \text{ Ton * m/m}$$

4.2.2.7.- Empuje del agua debido al sismo (Horizontal).

Para determinar el empuje del sismo en agua S_a y su momento MS_a se usa la fórmula de Zangar (Arreguín Cortés F. , 2000, p. 38).

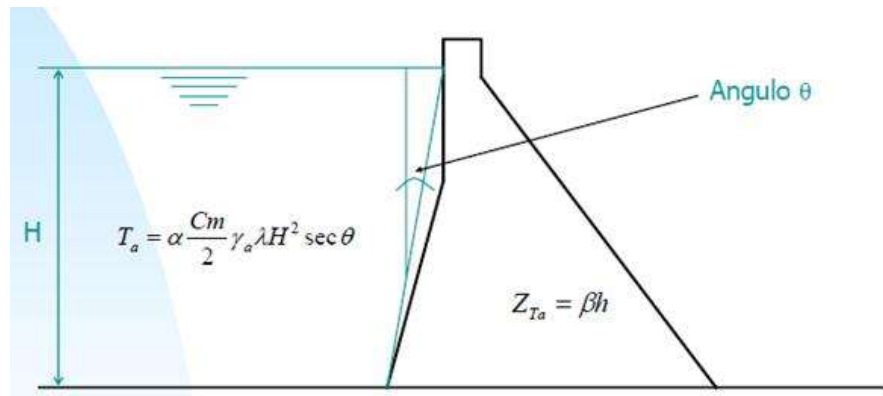


Figura 62.- Cálculo del empuje de agua debido al sismo.

Si más de la mitad del paramento es vertical $\theta=0$, si no, θ es el ángulo entre la línea vertical y la línea que une el talón con la intersección de la superficie libre del agua y el paramento de aguas arriba. C_m , β , α son coeficientes adicionales que se encontrarán en el anexo H2.

Tabla 32.- Parámetros de sismo.

PARÁMETROS SISMO							
COFICIENTE SISMICO λ	θ	c_m	h/H	α	β	θ_{ab}	c_m
0.48	4.289	0.705	1	1.44	0.402	40.365	0.42

Teniendo:

$$S_{a_{NAMO}} = T_a = \alpha \frac{C_m}{2} \gamma_a \lambda H^2 \sec \theta = (1.44) \left(\frac{0.42}{2}\right) (0.48) (67m)^2 \sec(4.289) = 1266.6186 \text{ ton/m}$$

$$Z_{S_{a_{NAMO}}} = T_a = \beta h = (.402) (67m) = 26.934 \text{ m}$$

$$S_{a_{NAME}} = 1266.6186$$

$$Z_{S_{a_{NAME}}} = 28.944$$

$$MS_{a_{NAMO}} = 29541.42 \text{ Ton} * m/m$$

$$MS_{a_{NAME}} = 36661 \text{ Ton} * m/m$$

4.2.3.- Revisión de las condiciones de seguridad.

Las condiciones de seguridad que se deben cumplir en el comportamiento de las cargas son:

1.- Los esfuerzos máximos de compresión deben ser menores que los permisibles.

$$\sigma_{zA} = \frac{P}{A} - \frac{M_c}{I} y_A \qquad \sigma_{zB} = \frac{P}{A} - \frac{M_c}{I} y_B$$

2.- La resistencia al deslizamiento debe ser superior a las fuerzas deslizantes.

$$FFC > FS \qquad FFC = \frac{cA + N \tan \phi}{\Sigma F_h}$$

3.- Los esfuerzos (mínimos) en el talón (sin considerar subpresión) deben ser mayores que los debidos a la subpresión.

$$\sigma_{zA} = \frac{P}{A} - \frac{M_c}{I} y_A \qquad \sigma_{zu} = P \gamma h - \frac{f'_t}{FS} \qquad \sigma_{zA} > \sigma_{zu}$$

Cada una de las anteriores debe cumplir para las siguientes combinaciones de cargas:

- Agua al NAMO (Ordinaria)
- Agua al NAMO y sismo (Extraordinaria)
- Agua al NAME (Extraordinaria)
- Presa vacía (Ordinaria)
- Presa vacía y sismo (Extraordinaria)

IV.2.2.- Agua al NAMO Ordinaria.

Condición de seguridad 1

-Suma de Fuerzas Verticales:

$$P = Pp + Pa_{NAMO} + Paz + U_{NAMO} = 5242.068$$

-Suma de momentos:

$$\begin{aligned} M_c &= MPp + MPa_{NAMO} + MEha_{NAMO} + MPaz + MEhaz + MU_{NAMO} \\ &= -18545.28 T * \frac{m}{m} \end{aligned}$$

-Esfuerzo de Compresión en B:

$$\sigma_{zB} = \frac{P}{A} - \frac{M_c}{I} y_B = 53.784 \text{ t/m}^2$$

De donde:

$$A = \text{ancho de la presa del talón A al B} = 66.225$$

$$I = \text{Inercia de sección en planta} = \frac{bh^3}{12} = \frac{(1\text{m})(65.225)^3}{12} = 24203.86\text{m}^4$$

$$y_B = \text{distancia del talón al centro de gravedad} = \frac{A}{2} = \frac{66.225\text{M}}{2} = 33.113\text{m}$$

-Esfuerzo de Compresión Máximo:

$$\sigma_{zB\text{máx}} = \sigma_{zB} (1 + K_{abaj}^2) = 53.784(1 + .85^2) = 92.643 \text{ t/m}^2$$

-Esfuerzo Permisible

$$\sigma_{zB\text{perm}} = \frac{f'c}{FS} = 500 \text{ ton/m}^2$$

De donde:

$$f'c = \text{resistencia a la compresión del concreto (Tabla 29)} = 2000 \text{ Ton/m}^2$$

$$F.S. = \text{Factor de Seguridad (Anexo H3)} = 4$$

Resultado $\sigma_{zB\text{máx}} > \sigma_{zB\text{perm}}$, por lo tanto “Sí cumple”.

Condición de Seguridad 2

-Suma de fuerzas horizontales:

$$\Sigma Fh = Eha_{NAMO} + Eha_z = 2518.28 \text{ T/m}$$

-Factor de seguridad cortante:

$$FFC = \frac{cA + N \tan \phi}{\Sigma FH} = 7.078$$

De donde:

$$\tan\phi = \tan(45) = 1$$

$$\text{Cohesión} = \text{tabla 29} = 0.095$$

$$N = \text{Suma de fuerzas verticales}$$

FFC>FS por lo tanto “Sí Cumple”

Condición de seguridad 3

-Suma de fuerzas verticales (sin considerar subpresión)

$$P = Pp + Pa_{NAMO} + Paz = 5897.202 \text{ ton/m}$$

-Suma de Momentos (sin considerar subpresión)

$$M_C = MPp + MPa_{NAMO} + MEha_{NAMO} + MPaz + MEhaz = -27339.73 \text{ Ton} * \text{m/m}$$

-Esfuerzo de compresión en A (sin considerar subpresión):

$$\sigma_{zA} = \frac{P}{A} - \frac{M_C}{I} y_A = 126.451 \text{ t/m}^2$$

De donde

$$y_A = \text{distancia del centro de gravedad hacia el talón} = \frac{A}{2} = \frac{66.225}{2} = 33.113$$

-Esfuerzo de subpresión en A

$$\sigma_{zu} = P\gamma h - \frac{f'_t}{FS} = 1.75 \text{ T/m}^2$$

De donde:

$$h = \text{altura del agua} = 67 \text{ m}$$

$$\gamma = \text{Peso específico del agua} = 1 \text{ ton/m}^3$$

$$f'_t = \text{resistencia a la tensión del material (Tabla 29)} = 0.03(f'_c \text{ del concreto})$$

$$= (0.03) \left(2000 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \right) = 60 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$k = \text{factor de drenes (de acuerdo a USBR)} = 0.25$$

Resultado $\sigma_{zA} > \sigma_{zu}$ por lo tanto esta condición “Sí cumple”

El procedimiento anterior se repite para todas las demás combinaciones de carga, en la tabla siguiente (Tabla 31), se muestra el resumen de resultados.

RESUMEN			
COMBINACIÓN DE CARGAS	CONDICIÓN DE SEGURIDAD		
	I	II	III
AGUA AL NAMO	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
AGUA AL NAMO Y SISMO	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
AGUA NAME	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
PRESA VACÍA	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
PRESA VACÍA SISMO	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

Tabla 33.- Resumen de resultados para las distintas combinaciones de cargas y sus condiciones de seguridad.

El resto de los cálculos realizados se muestran en el anexo I.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

De la zona de estudio:

A inicios del siglo XX en este valle, el principal auge se dio en Lombardía, Nueva Italia, Antúnez, por la llegada del Italiano Dante Cusi, quien traía ideas nuevas de su país para estas tierras tan productivas. Posteriormente a mediados de este siglo XX con la llegada del Michoacano Lázaro Cárdenas del Río a la Presidencia de la República, se introdujo el ferrocarril a Apatzingán, dándole un mayor auge a la región en general. El Naranjo de Chila se ha quedado atrás de lo que ha avanzado esta región y es una zona altamente marginada, fue de los primeros asentamientos en la región según las excavaciones entre los siglos I y II a.c., oficialmente pertenece al municipio de Aguililla, pero se encuentra en el Valle de Apatzingán y como Hacienda pertenecía a Apatzingán, principalmente se dedicaban y hasta nuestros días, a la ganadería por la ausencia de agua, por lo cual no ha despuntado y se ha quedado a comparación de las demás poblaciones en este Valle.

Además de lo anterior, la falta de empleo y desarrollo de la zona ha favorecido a que la población recurra a otras fuentes no lícitas de sostenimiento lo que ha generado un clima de inseguridad en la zona. Por lo anterior este trabajo tiene el propósito de contribuir en lo posible en el desarrollo de esta población.

Si bien en la zona se tienen registros de extracción de agua subterránea de acuerdo al Registro Público de Derechos de Agua, se tienen 8 registros de pozos de bombeo (Anexo J), a través de los cuales se dota de 746803 metros cúbicos anuales. De lo cual, 5 de estos 8 pozos de bombeo se utilizan para riego, ellos riegan 44 hectáreas de limón, lo que representa el 1.3% de la superficie de cultivo proyectada.

De la cuenca de estudio:

Nuestra cuenca de estudio tiene un área de 235.8 km² y se clasifica como pequeña. La red de drenaje de la cuenca está constituida por 5 corrientes, siendo la principal la del Río Chila que mantiene un caudal a lo largo del año y los otros cuatro restantes son el Arroyo La Majada, el Arroyo Cuatro Caminos, Barranca las Tontas, Arroyo las Cuevitas, algunas de estas efímeras.

La cobertura vegetal de la cuenca está constituida bosque con un 50 a 75% de cobertura y la pendiente media de la cuenca de 0.023, lo que hace que la cuenca sea de respuesta media generando un escurrimiento medio anual de 29 millones de metros cúbicos.

De la superficie potencial de cultivo

Según la vocación de la zona, se eligieron los cultivos de cítricos (limón, toronja, naranja), mango, plátano, jitomate y pastos. Todos ellos fueron localizados espacialmente en aquellas zonas donde se tuvieran las mejores características tales como humedad, textura del suelo y pendientes.

El cálculo del uso consuntivo se realizó con Método de Thorntwaite, Blaney-Criddle y Penman-Montheit, eligiendo el método de Penman-Montheit, lo que nos da como resultado un volumen neto anual de 36.4 millones de metros cúbicos.

La determinación de las superficies de riego se realizó, de acuerdo a la ayuda de Google Earth, tomando en cuenta los predios que se encuentran ya delimitados, en el Naranjo de Chila con una extensión de 3300 hectáreas.

Del sistema de riego

En Michoacán, en general los sistemas de riego que se utilizan son por gravedad y por presión (aspersión, microaspersión, goteo). Siendo los elegidos para cada cultivo los siguientes: goteo para jitomate, microaspersión para cítrico, mango y plátano y aspersión para pastos.

Aquí debido a lo limitado del recurso es que se propone que el sistema sea tecnificado.

La infraestructura de riego consiste de un canal principal y los canales laterales con una extensión total aproximada de 30 km, siendo de mayor longitud el canal principal que viene de la presa, las características geométricas de nuestros canales son de sección trapecial con talud 1:1 y anchos de plantilla y profundidades que varían 0.5 y 1.5 metros. La operación del sistema de riego se realizó en base al conocimiento y experiencia seleccionándose el método por tandeos o rotación pretendiendo dotar a los predios del agua necesaria por turnos. Así se tienen intervalos de riego de 10 días y duraciones entre 3 y 5 horas para cítrico, mango, pastos y plátano. En tanto que para el jitomate se tiene un intervalo diario con duración de una hora.

Del Aprovechamiento (Presa)

La localización de la boquilla de la presa se realizó primordialmente tomando en cuenta la topografía del lugar, lo que nos da como resultado un tamaño de presa de 74.8 metros de altura y 486.78 metros de ancho de cortina.

Según la topografía del sitio de la boquilla el embalse tiene una forma en planta irregular con dos ramas alargadas con una capacidad de regulación del 55% con respecto al volumen de entrada. Siendo las características de la obra de excedencia de 30 metros de longitud con una carga sobre el vertedor de 5.1 metros.

RECOMENDACIONES

A expensas de que se puede y se debe trabajar mucho más en nuestro proyecto, ya que esta tesis está realizada a nivel de estudios básicos, se puede concluir que la proyección de nuestra presa es factible técnicamente, ya que cumple con los volúmenes requeridos y sus dimensiones aceptables. Aun así, se debe realizar un análisis costo-beneficio calculando el presupuesto de la presa y comparándolo con el beneficio social que traerá con ella.

Con todo y eso, la realización de esta presa significaría el desarrollo de esta región, ya que asegura fuentes de empleo permanentes.

ANEXOS

Anexo A

A1

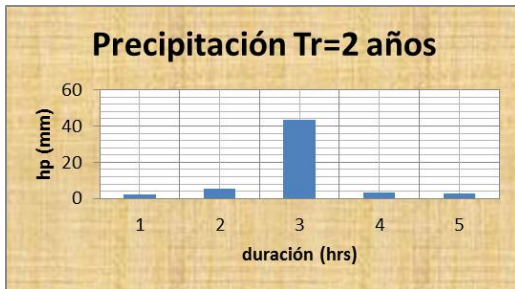
TIPO DE SUELO	CARACTERÍSTICAS		
A	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loess poco compactos		
B	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad: loess algo más compactos que los correspondientes a los suelos A; terrenos migajosos		
C	Suelos casi impermeables, tales como arenas o loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas		
USO DEL SUELO	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
Barbecho, áreas incultas y desnudas	0,26	0,28	0,30
Cultivos:			
En Hileras	0,24	0,27	0,30
Legumbres o rotación de pradera	0,24	0,27	0,30
Granos pequeños	0,24	0,27	0,30
Pastizal:			
% del suelo cubierto o pastoreo			
Más del 75% - Poco -	0,14	0,20	0,28
Del 50 al 75% - Regular -	0,20	0,24	0,30
Menos del 50% - Excesivo -	0,24	0,28	0,30
Bosque:			
Cubierto más del 75%	0,07	0,16	0,24
Cubierto del 50 al 75%	0,12	0,22	0,26
Cubierto del 25 al 50%	0,17	0,26	0,28
Cubierto menos del 25%	0,22	0,28	0,30
Zonas urbanas	0,26	0,29	0,32
Caminos	0,27	0,30	0,33
Pradera permanente	0,18	0,24	0,30

A2

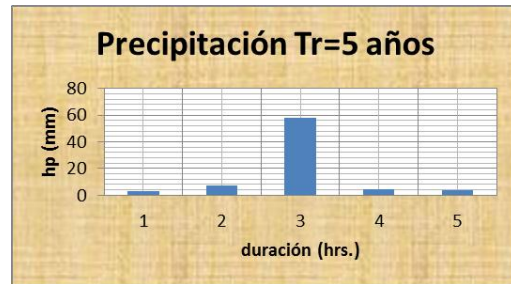
K: PARÁMETRO QUE DEPENDE DEL TIPO Y USO DE SUELO	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO ANUAL (Ce)
Si K resulta menor o igual que 0,15	$Ce = K (P-250) / 2000$
Si K es mayor que 0,15	$Ce = K (P-250) / 2000 + (K-0,15) / 1.5$

ANEXO B

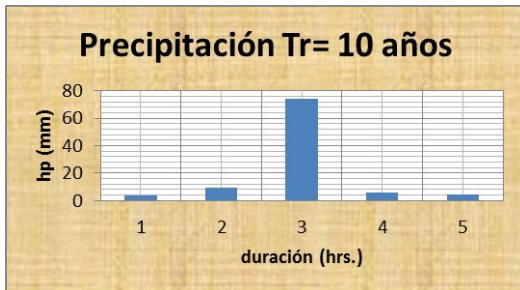
B.1



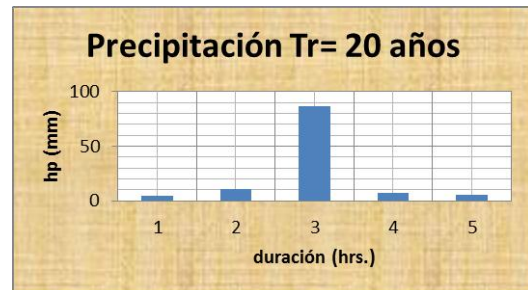
B.2



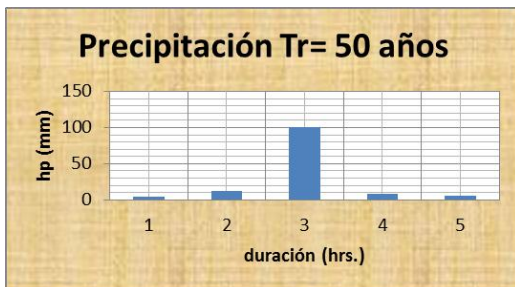
B.3



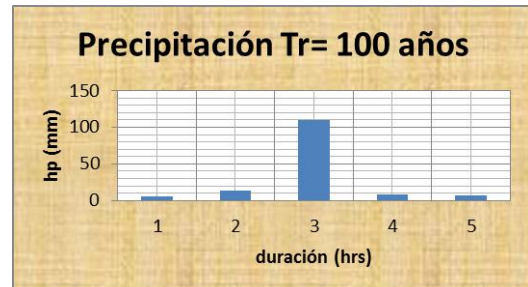
B.4



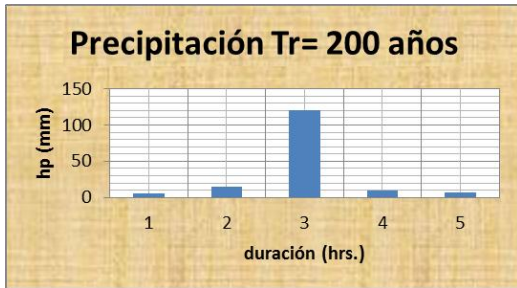
B.5



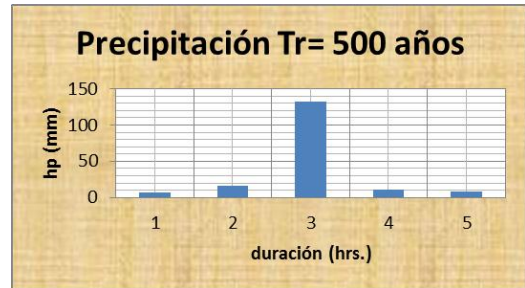
B.6



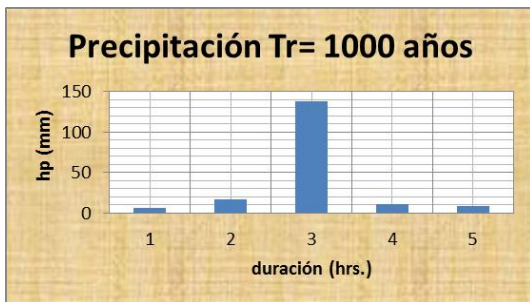
B.7



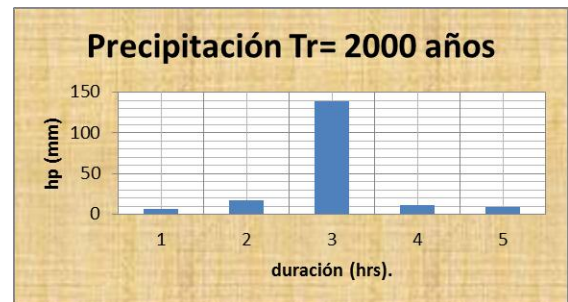
B.8



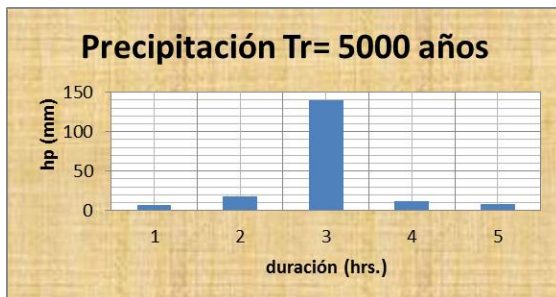
B.9



B.10



B.11

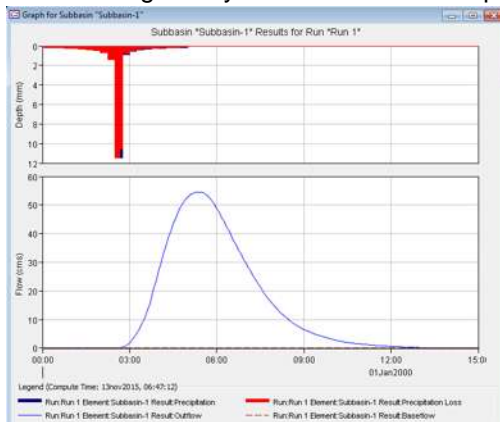


B.12



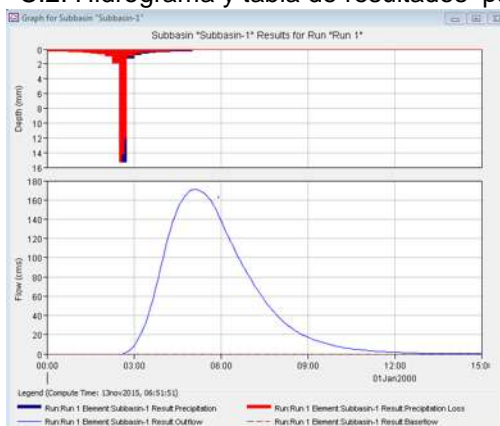
ANEXO C

C.1. Hidrograma y tabla de resultados para Tr= 2 años



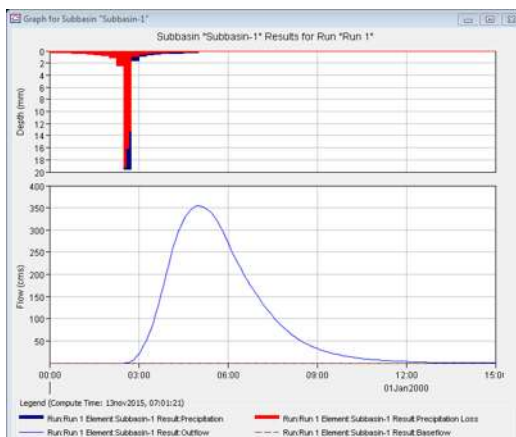
Summary Results for Subbasin "Subbasin-1"			
Project: Tesis Ivan Chila		Simulation Run: Run 1	
Subbasin: Subbasin-1			
Start of Run: 01ene2000, 00:00	Basin Model: Basin 1		
End of Run: 01ene2000, 15:00	Meteorologic Model: Met 1		
Compute Time: 13nov2015, 06:55:38	Control Specifications: Control 1		
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge: 54.6 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 01ene2000, 05:20		
Precipitation Volume: 57.18 (MM)	Direct Runoff Volume: 2.82 (MM)		
Loss Volume: 54.36 (MM)	Baseflow Volume: 0.00 (MM)		
Excess Volume: 2.82 (MM)	Discharge Volume: 2.82 (MM)		

C.2. Hidrograma y tabla de resultados para Tr= 5 años



Summary Results for Subbasin "Subbasin-1"			
Project: Tesis Ivan Chila		Simulation Run: Run 1	
Subbasin: Subbasin-1			
Start of Run: 01ene2000, 00:00	Basin Model: Basin 1		
End of Run: 01ene2000, 15:00	Meteorologic Model: Met 1		
Compute Time: 13nov2015, 06:59:23	Control Specifications: Control 1		
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge: 171.0 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 01ene2000, 05:05		
Precipitation Volume: 76.46 (MM)	Direct Runoff Volume: 8.56 (MM)		
Loss Volume: 67.90 (MM)	Baseflow Volume: 0.00 (MM)		
Excess Volume: 8.56 (MM)	Discharge Volume: 8.56 (MM)		

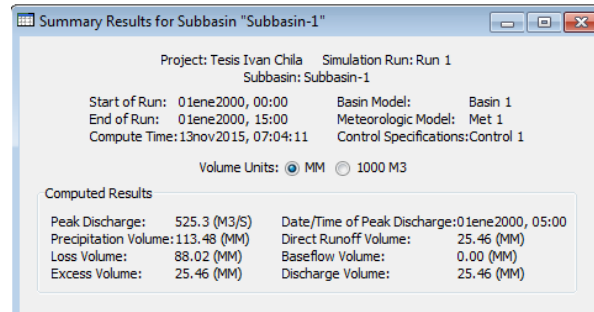
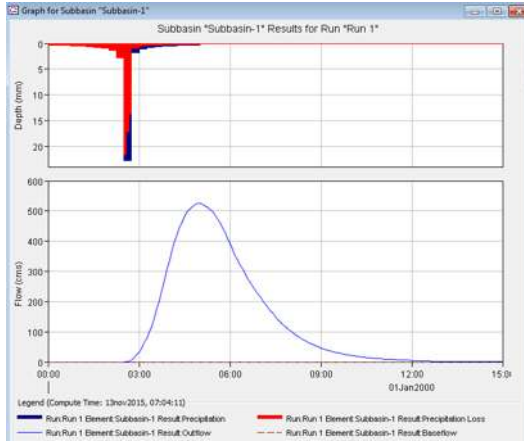
C.3. Hidrograma y tabla de resultados para Tr= 10 años



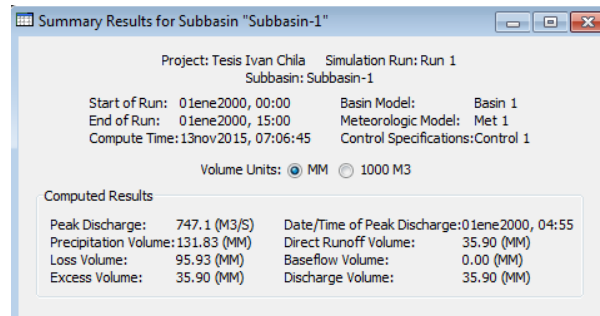
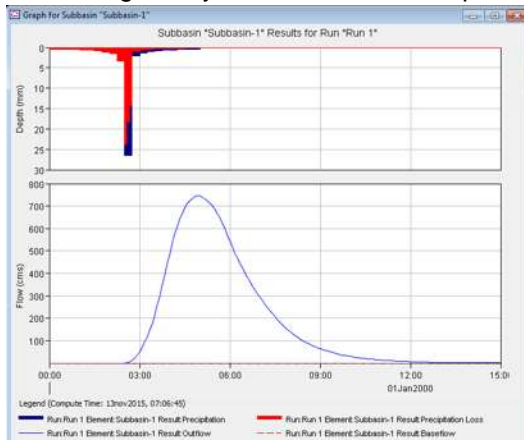
Summary Results for Subbasin "Subbasin-1"			
Project: Tesis Ivan Chila		Simulation Run: Run 1	
Subbasin: Subbasin-1			
Start of Run: 01ene2000, 00:00	Basin Model: Basin 1		
End of Run: 01ene2000, 15:00	Meteorologic Model: Met 1		
Compute Time: 13nov2015, 07:01:21	Control Specifications: Control 1		
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge: 355.1 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 01ene2000, 05:00		
Precipitation Volume: 97.48 (MM)	Direct Runoff Volume: 17.37 (MM)		
Loss Volume: 80.11 (MM)	Baseflow Volume: 0.00 (MM)		
Excess Volume: 17.37 (MM)	Discharge Volume: 17.37 (MM)		

“Estudios Básicos para el Aprovechamiento de los Recursos Hídricos con fines de Riego en la comunidad de El Naranjo de Chila en el municipio de Aguillilla Michoacán”.

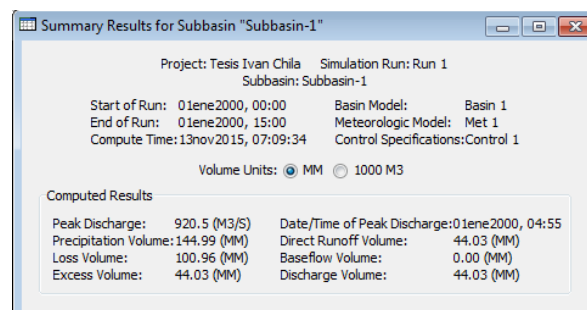
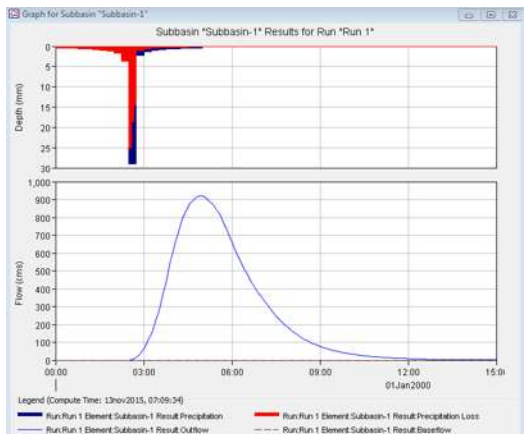
C.4. Hidrograma y tabla de resultados para $T_r=20$ años



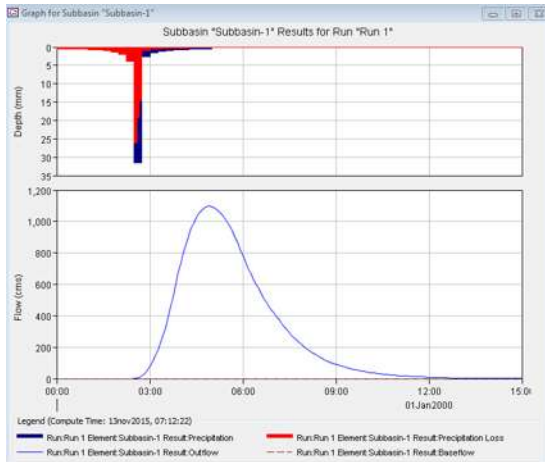
C.5. Hidrograma y tabla de resultados para $T_r=50$ años



C.6. Hidrograma y tabla de resultados para $T_r=100$ años



C.7. Hidrograma y tabla de resultados para $T_r=200$ años



Summary Results for Subbasin "Subbasin-1"

Project: Tesis Ivan Chila Simulation Run: Run 1
Subbasin: Subbasin-1

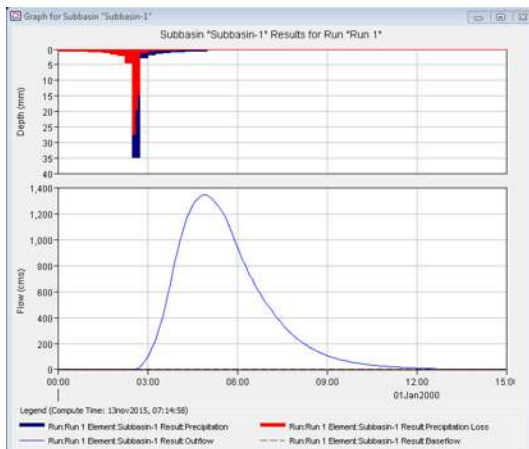
Start of Run: 01ene2000, 00:00 Basin Model: Basin 1
End of Run: 01ene2000, 15:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 13nov2015, 07:12:22 Control Specifications: Control 1

Volume Units: MM 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge:	1098.7 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	01ene2000, 04:55
Precipitation Volume:	157.78 (MM)	Direct Runoff Volume:	52.36 (MM)
Loss Volume:	105.42 (MM)	Baseflow Volume:	0.00 (MM)
Excess Volume:	52.36 (MM)	Discharge Volume:	52.36 (MM)

C.8. Hidrograma y tabla de resultados para $T_r=500$ años



Summary Results for Subbasin "Subbasin-1"

Project: Tesis Ivan Chila Simulation Run: Run 1
Subbasin: Subbasin-1

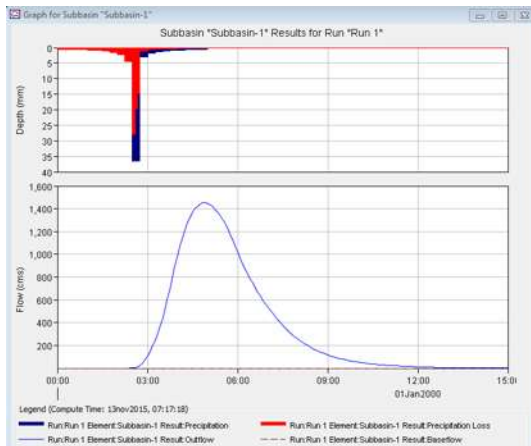
Start of Run: 01ene2000, 00:00 Basin Model: Basin 1
End of Run: 01ene2000, 15:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 13nov2015, 07:14:58 Control Specifications: Control 1

Volume Units: MM 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge:	1343.0 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	01ene2000, 04:55
Precipitation Volume:	174.41 (MM)	Direct Runoff Volume:	63.74 (MM)
Loss Volume:	110.67 (MM)	Baseflow Volume:	0.00 (MM)
Excess Volume:	63.74 (MM)	Discharge Volume:	63.74 (MM)

C.9. Hidrograma y tabla de resultados para $T_r = 1000$ años



Summary Results for Subbasin "Subbasin-1"

Project: Tesis Ivan Chila Simulation Run: Run 1
Subbasin: Subbasin-1

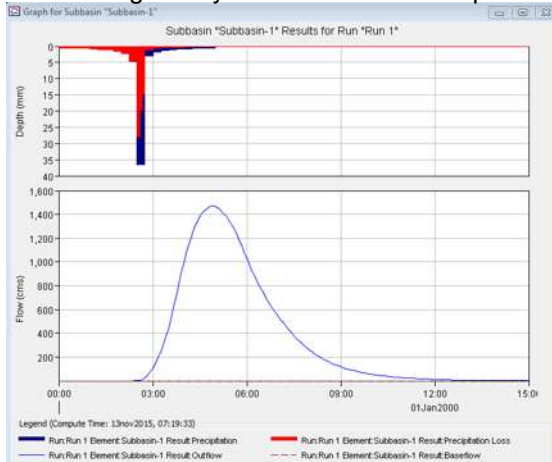
Start of Run: 01ene2000, 00:00 Basin Model: Basin 1
End of Run: 01ene2000, 15:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 13nov2015, 07:17:18 Control Specifications: Control 1

Volume Units: MM 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 1454.8 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 01ene2000, 04:55
Precipitation Volume: 181.76 (MM)	Direct Runoff Volume: 68.95 (MM)
Loss Volume: 112.81 (MM)	Baseflow Volume: 0.00 (MM)
Excess Volume: 68.95 (MM)	Discharge Volume: 68.95 (MM)

C.10. Hidrograma y tabla de resultados para $T_r = 2000$ años



Summary Results for Subbasin "Subbasin-1"

Project: Tesis Ivan Chila Simulation Run: Run 1
Subbasin: Subbasin-1

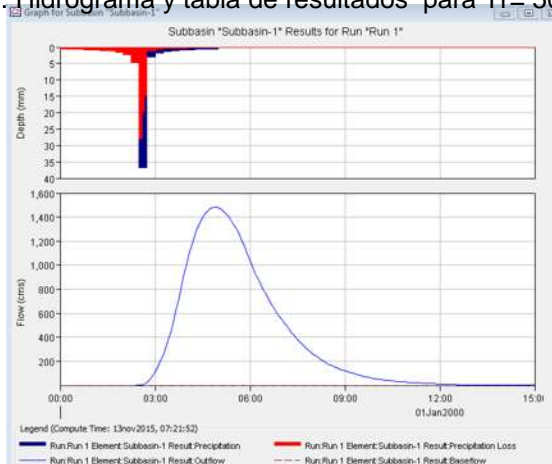
Start of Run: 01ene2000, 00:00 Basin Model: Basin 1
End of Run: 01ene2000, 15:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 13nov2015, 07:19:33 Control Specifications: Control 1

Volume Units: MM 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 1470.3 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 01ene2000, 04:55
Precipitation Volume: 182.77 (MM)	Direct Runoff Volume: 69.67 (MM)
Loss Volume: 113.10 (MM)	Baseflow Volume: 0.00 (MM)
Excess Volume: 69.67 (MM)	Discharge Volume: 69.67 (MM)

C.11. Hidrograma y tabla de resultados para $T_r = 5000$ años



Summary Results for Subbasin "Subbasin-1"

Project: Tesis Ivan Chila Simulation Run: Run 1
Subbasin: Subbasin-1

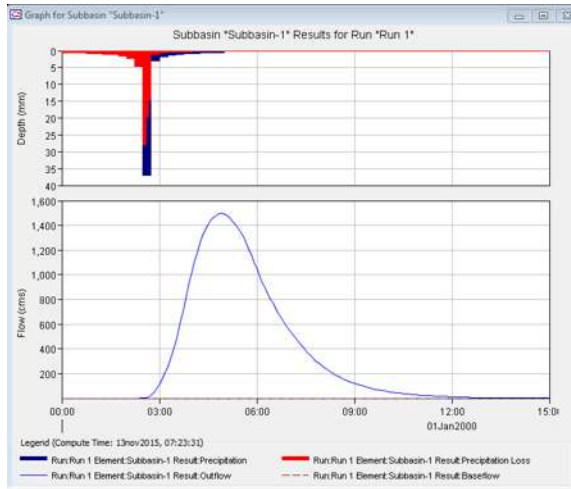
Start of Run: 01ene2000, 00:00 Basin Model: Basin 1
End of Run: 01ene2000, 15:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 13nov2015, 07:21:52 Control Specifications: Control 1

Volume Units: MM 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 1486.1 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 01ene2000, 04:55
Precipitation Volume: 183.80 (MM)	Direct Runoff Volume: 70.41 (MM)
Loss Volume: 113.39 (MM)	Baseflow Volume: 0.00 (MM)
Excess Volume: 70.41 (MM)	Discharge Volume: 70.41 (MM)

C.12. Hidrograma y tabla de resultados para $T_r = 5000$ años



Summary Results for Subbasin "Subbasin-1"			
Project: Tesis Ivan Chila		Simulation Run: Run 1	
Subbasin: Subbasin-1			
Start of Run: 01ene2000, 00:00	Basin Model: Basin 1		
End of Run: 01ene2000, 15:00	Meteorologic Model: Met 1		
Compute Time: 13nov2015, 07:23:31	Control Specifications: Control 1		
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge: 1497.5 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 01ene2000, 04:55		
Precipitation Volume: 184.54 (MM)	Direct Runoff Volume: 70.94 (MM)		
Loss Volume: 113.60 (MM)	Baseflow Volume: 0.00 (MM)		
Excess Volume: 70.94 (MM)	Discharge Volume: 70.94 (MM)		

ANEXO D

D1

Tabla 3.- Valores de K_a , Método de Thorntwaite. (Aparicio Mijares, 2012, p. 57)

Latitud grados	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1.04	0.94	1.06	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.01
10	1.00	0.93	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
20	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.02	0.95	0.91
30	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	1.04	0.89	0.88
35	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
40	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
45	0.80	0.81	1.03	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
50	0.74	0.78	1.03	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.70

D2

Ciclos vegetativos de cultivos más comunes en México. (Aparicio Mijares, 2012, p. 58)

Cultivo	Ciclo vegetativo	Coefficiente global Kg.
Aguacate	Perenne	0.50 - 0.55
Ajonjolí	3 a 4 meses	0.80
Alfalfa	Entre heladas	0.80 - 0.85
	En invierno	0.60
Algodón	6 a 7 meses	0.60 - 0.65
Arroz	3 a 5 meses	1.00 - 1.20
Cacahuates	3 meses	0.60 - 0.65
Cacao	Perenne	0.75 - 0.80
Café	Perenne	0.75 - 0.80
Camote	5 a 6 meses	0.60
Caña de azúcar	Perenne	0.75 - 0.90
Citrinos	5 a 8 meses	0.55 - 0.65
Cereales de grano pequeño (cañote, avena, cebada, centeno, trigo)	3 a 6 meses	0.75 - 0.85
Citrinos	7 a 8 meses	0.50 - 0.65
Chile	3 a 4 meses	0.60
Espárrago	6 a 7 meses	0.60
Estraw	Perenne	0.45 - 0.60
Frijol	3 a 4 meses	0.60 - 0.70
Frutales de lapso y pepita (hoja caduca)	Entre heladas	0.60 - 0.70
Garbanzo	4 a 5 meses	0.60 - 0.70
Girasol	4 meses	0.50 - 0.65
Grainola	3 a 4 meses	0.60
Haba	4 a 5 meses	0.60 - 0.70
Normalizas	2 a 4 meses	0.60
Jitomate	4 meses	0.70
Lechuga y col	3 meses	0.70
Lenteja	4 meses	0.60 - 0.70
Maíz	4 meses	0.60 - 0.70
Maíz	4 a 7 meses	0.75 - 0.85
Mango	Perenne	0.75 - 0.80
Melón	3 a 4 meses	0.60
Nogal	Entre heladas	0.70
Papa	3 a 5 meses	0.65 - 0.75
Palma datilera	Perenne	0.65 - 0.80
Palma cocotera	Perenne	0.80 - 0.90
Papaya	Perenne	0.60 - 0.80
Plátano	Perenne	0.80 - 1.00
Pastos de gramíneas	Perenne	0.75
Remolacha	6 meses	0.65 - 0.75
Sandía	3 a 4 meses	0.60
Sesgo	3 a 3 meses	0.70
Soya	3 a 5 meses	0.60 - 0.70
Tabaco	4 a 5 meses	0.70 - 0.80
Tomate	4 a 5 meses	0.70 - 0.80
Trébol ladano	Perenne	0.80 - 0.85
Zanahoria	2 a 4 meses	0.60

D3

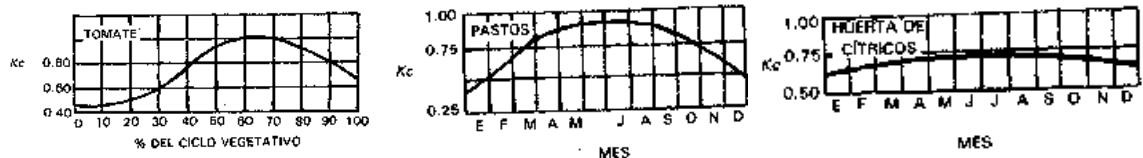
Porcentaje de horas de sol mensual (Aparicio Mijares, 2012, pp. 60-61)

LATITUD NOROCCIDENTE	Porcentaje de horas de sol mensual											
	ENE	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
0°	8.50	7.66	6.49	5.21	4.50	3.23	2.50	3.49	3.23	3.50	3.23	4.50
5	8.32	7.57	6.47	5.29	4.65	3.44	2.67	3.60	3.23	3.42	3.07	3.30
10	8.13	7.47	6.45	5.37	4.81	3.60	2.89	3.71	3.23	3.34	2.93	3.10
15	7.94	7.36	6.43	5.44	4.98	3.80	3.05	3.83	3.23	3.26	2.73	2.88
16	7.93	7.35	6.44	5.46	4.97	3.83	3.07	3.85	3.23	3.24	2.72	2.83
17	7.86	7.32	6.43	5.48	4.94	3.87	3.11	3.87	3.23	3.22	2.69	2.80
18	7.83	7.30	6.42	5.50	4.90	3.92	3.16	3.90	3.23	3.21	2.66	2.74
19	7.79	7.28	6.41	5.51	4.87	3.97	3.20	3.92	3.18	3.19	2.63	2.71
20	7.74	7.25	6.41	5.52	4.85	4.00	3.25	3.96	3.10	3.18	2.58	2.66
21	7.71	7.24	6.40	5.54	4.82	4.05	3.29	3.98	3.29	3.15	2.54	2.62
22	7.66	7.21	6.40	5.56	4.79	4.09	3.33	4.00	3.30	3.13	2.50	2.58
23	7.62	7.19	6.40	5.57	4.74	4.12	3.38	4.02	3.30	3.11	2.47	2.50
24	7.58	7.17	6.40	5.60	4.70	4.20	3.42	4.05	3.31	3.09	2.43	2.46
25	7.53	7.14	6.39	5.63	4.67	4.25	3.47	4.09	3.32	3.09	2.40	2.43
26	7.49	7.12	6.40	5.64	4.64	4.30	3.50	4.10	3.31	3.08	2.36	2.38
27	7.43	7.09	6.38	5.65	4.60	4.32	3.52	4.13	3.32	3.03	2.36	2.31
28	7.40	7.07	6.39	5.68	4.56	4.38	3.58	4.15	3.32	3.02	2.32	2.27
29	7.35	7.04	6.37	5.70	4.53	4.45	3.63	4.19	3.32	3.00	2.28	2.23
30	7.30	7.03	6.38	5.72	4.53	4.49	3.67	4.22	3.33	2.99	2.24	2.18
31	7.25	7.01	6.36	5.73	4.51	4.54	3.71	4.24	3.33	2.95	2.15	2.09
32	7.20	6.97	6.37	5.76	4.52	4.59	3.75	4.27	3.34	2.95	2.11	2.05
35	7.15	6.94	6.36	5.78	4.52	4.65	3.81	4.31	3.34	2.94	2.07	2.00
34	7.10	6.91	6.36	5.80	4.52	4.70	3.84	4.34	3.34	2.90	2.02	1.92
33	7.05	6.88	6.35	5.83	4.51	4.76	3.88	4.37	3.34	2.88	1.97	1.85
36	6.99	6.83	6.35	5.85	4.52	4.82	3.93	4.40	3.37	2.83	1.92	1.79
38	6.87	6.79	6.34	5.90	4.52	4.95	4.05	4.47	3.38	2.80	1.87	1.66
40	6.76	6.72	6.33	5.95	4.53	5.08	4.18	4.54	3.39	2.75	1.82	1.52
42	6.63	6.63	6.31	6.00	4.54	5.22	4.35	4.62	3.40	2.69	1.77	1.37
44	6.49	6.56	6.30	6.06	4.54	5.38	4.50	4.70	3.41	2.63	1.70	1.21
46	6.34	6.50	6.29	6.12	4.55	5.54	4.66	4.78	3.42	2.57	1.66	1.04
48	6.17	6.41	6.27	6.18	4.56	5.71	4.83	4.86	3.44	2.51	1.63	0.96
50	5.98	6.30	6.26	6.24	4.56	5.88	4.99	4.94	3.44	2.45	1.60	0.86
52	5.77	6.19	6.21	6.29	4.57	6.05	5.13	5.00	3.45	2.39	1.57	0.78
54	5.53	6.08	6.18	6.36	4.57	6.21	5.28	5.07	3.45	2.33	1.54	0.69
56	5.30	5.95	6.15	6.43	4.58	6.38	5.43	5.14	3.46	2.27	1.51	0.60
58	5.01	5.81	6.12	6.51	4.58	6.54	5.58	5.21	3.46	2.21	1.48	0.56
60	4.67	5.65	6.08	6.58	4.59	6.71	5.73	5.28	3.47	2.14	1.45	0.42

LATITUD SUR	Porcentaje de horas de sol mensual											
	ENE	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
0°	8.50	7.66	6.49	5.21	4.50	3.23	2.50	3.49	3.23	3.50	3.23	4.50
5	8.08	7.28	6.51	5.13	4.34	3.05	2.33	3.38	3.19	3.36	3.19	4.08
10	8.06	7.07	6.53	5.09	4.14	2.89	2.14	3.27	3.17	3.22	3.03	3.88
15	8.05	7.06	6.55	5.07	4.02	2.83	2.05	3.15	3.15	3.18	2.93	3.68
20	8.24	6.99	6.57	4.94	2.85	2.43	1.76	3.05	3.13	3.16	2.87	3.31
25	8.46	6.91	6.60	4.80	2.66	2.20	1.54	2.90	3.11	3.16	2.86	3.04
30	9.70	6.83	6.62	4.73	2.43	1.96	1.31	2.76	3.07	3.17	2.84	2.85
35	8.61	6.79	6.63	4.67	2.34	1.85	1.21	2.70	3.06	3.18	2.83	2.86
34	8.62	6.45	6.64	4.64	2.27	1.74	1.10	2.63	3.05	3.18	2.82	2.83
38	10.03	6.51	6.65	4.59	2.18	1.62	0.99	2.56	3.04	3.11	2.81	2.84
38	10.15	6.57	6.66	4.54	2.08	1.50	0.87	2.49	3.03	3.10	2.81	2.84
40	10.27	6.63	6.67	4.49	1.97	1.37	0.76	2.41	3.02	3.11	2.81	2.84
42	10.40	6.70	6.68	4.44	1.83	1.23	0.64	2.33	3.01	3.10	2.81	2.84
44	10.54	6.76	6.69	4.39	1.73	1.08	0.54	2.25	2.99	3.11	2.81	2.84
46	10.69	6.86	6.70	4.32	1.61	0.92	0.43	2.16	2.96	3.11	2.81	2.84

D4

Gráficas de coeficientes de desarrollo parcial (Aparicio Mijares, 2012, pp. 62-63)



Valores de coeficiente parcial de cultivo (FAO, 2006, pp. 110-114)

Cultivo	K_{cu}^1	K_{can}	K_{ts}	Altura Máx. Cultivo (h) (m)	Cultivo	K_{cu}^1	K_{can}	K_{ts}	Altura Máx. Cultivo (h) (m)
a. Hortalizas Pequeñas					j. Forrajes				
Brócoli (Brócoli)	0,7	1,05	0,95		Alfalfa (heno) – efecto promedio de los cortes	0,40	0,95 ¹²	0,90	0,7
Col de Bruselas		1,05	0,95	0,3	– periodos individuales de corte	0,40 ¹⁴	1,20 ¹⁴	1,15 ¹⁴	0,7
Repollo		1,05	0,95	0,4	– para semilla	0,40	0,50	0,50	0,7
Zanahoria		1,05	0,95	0,3	Bermuda (heno) – efecto promedio de los cortes	0,55	1,00 ¹²	0,85	0,35
Coliflor		1,05	0,95	0,4	– cultivo para semilla (primavera)	0,35	0,90	0,65	0,4
Apico (Celeri)		1,05	1,00	0,6	Trebol heno, Bersim – efecto promedio de los cortes	0,40	0,90 ¹²	0,85	0,6
Ajo		1,00	0,70	0,3	– periodos individuales de corte	0,40 ¹⁴	1,15 ¹⁴	1,10 ¹⁴	0,6
Lechuga		1,00	0,95	0,3	Rye Grass (heno) – efecto promedio de los cortes	0,95	1,05	1,00	0,3
Cebolla – seca		1,05	0,75	0,4	Pasto del Sudán (anual) – efecto promedio de los cortes	0,50	0,90 ¹⁴	0,85	1,2
– verde		1,00	1,00	0,3	– periodo individual de corte	0,50 ¹⁴	1,15 ¹⁴	1,10 ¹⁴	1,2
– semilla		1,05	0,80	0,5	Pastos de Pastoreo – pastos de rotación	0,40	0,85-1,05	0,85	0,15-0,30
Espinaca		1,00	0,95	0,3	– pastoreo extensivo	0,30	0,75	0,75	0,10
Rábano		0,90	0,85	0,3	Pastos (césped, turfgrass) – época fría ¹⁵	0,90	0,95	0,95	0,10
					– época caliente ¹⁶	0,80	0,85	0,85	0,10
b. Hortalizas- Familia de la Solanáceas					k. Caña de azúcar				
Berenjena		1,05	0,90	0,8		0,40	1,25	0,75	3
Pimiento Dulce (campana)		1,05 ¹	0,90	0,7	l. Frutas Tropicales y Árboles				
Tomate		1,15 ¹	0,70-0,90	0,6	Banana – 1° año	0,50	1,10	1,00	3
					– 2° año	1,00	1,20	1,10	4
c. Hortalizas- Familia de las Cucurbitáceas					m. Uvas y Moras				
Melón	0,5	1,00	0,80		Moras (arbusto)	0,30	1,05	0,50	1,5
Pepino – cosechado fresco		1,00 ²	0,75	0,3	Uvas – Mesa o secas (pasas)	0,30	0,85	0,45	2
– cosechado a Máquina		1,00	0,90	0,3	– vino	0,30	0,70	0,45	1,5-2
Calabaza de Invierno		1,00	0,80	0,4	Lúpulo	0,3	1,05	0,85	5
Calabacin (zucchini)		0,95	0,75	0,3					
Melón dulce		1,05	0,75	0,4					
Sandía	0,4	1,00	0,75	0,4					
d. Raíces y Tubérculos									
Remolacha, mesa	0,5	1,10	0,85						
Yuca o Mandioca – año 1		1,05	0,95	0,4					
– año 2		0,3	0,80 ¹	0,30					
Chirivía		0,3	1,10	0,50					
Patata o Papa		0,5	1,05	0,95					
Camote o Batata		1,15	0,75 ¹	0,6					
Nabos (rutabaga)		1,15	0,65	0,4					
Remolacha Azucarera	0,35	1,10	0,95	0,6					
		1,20	0,70 ¹	0,5					

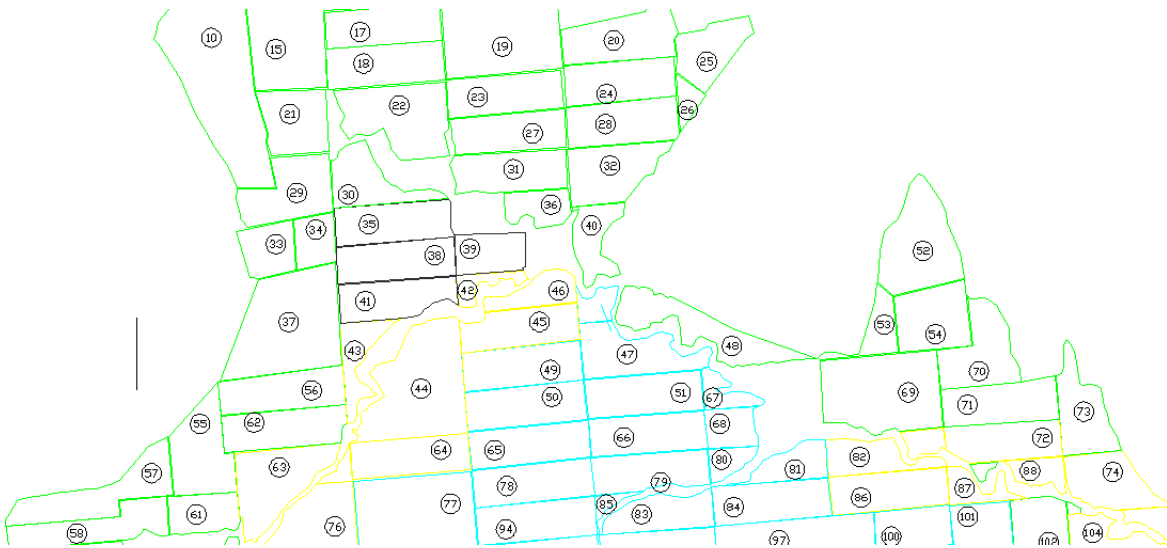
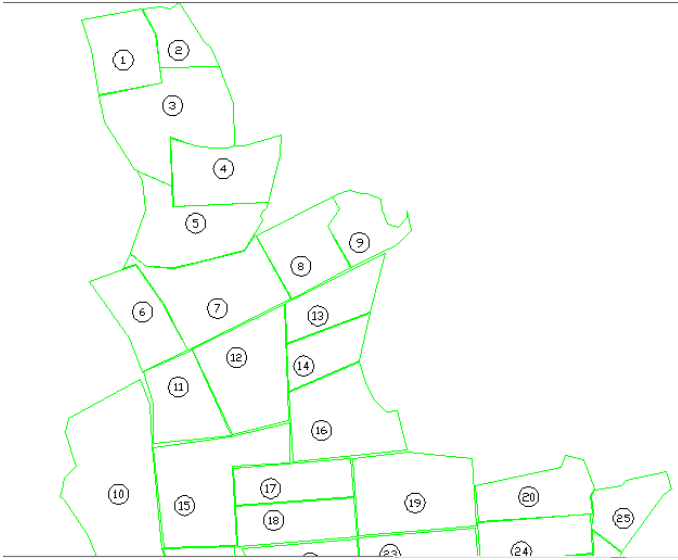
Cultivo	K_{cu}^1	K_{can}	K_{ts}	Altura Máx. Cultivo (h) (m)
n. Árboles Frutales				
Almendras, sin cobertura del suelo	0,40	0,90	0,65 ¹⁸	5
Manzanas, Cerezas, Peras ¹⁸				
– sin cobertura del suelo, con fuertes heladas	0,45	0,95	0,70 ¹⁸	4
– sin cobertura del suelo, sin heladas	0,60	0,95	0,75 ¹⁸	4
– cobertura activa del suelo, con fuertes heladas	0,50	1,20	0,95 ¹⁸	4
– cobertura activa del suelo, sin heladas	0,80	1,20	0,85 ¹⁸	4
Albaricoque, Melocotón o Durazno, Drupas ^{18,20}				
– sin cobertura del suelo, con fuertes heladas	0,45	0,90	0,65 ¹⁸	3
– sin cobertura del suelo, sin heladas	0,55	0,90	0,65 ¹⁸	3
– cobertura activa del suelo, con fuertes heladas	0,50	1,15	0,90 ¹⁸	3
– cobertura activa del suelo, sin heladas	0,80	1,15	0,85 ¹⁸	3
Aguacate, sin cobertura del suelo	0,60	0,85	0,75	3
Cítricos, sin cobertura del suelo ²¹				
– 70% cubierta vegetativa	0,70	0,65	0,70	4
– 50% cubierta vegetativa	0,65	0,60	0,65	3
– 20% cubierta vegetativa	0,50	0,45	0,55	2
Cítricos, con cobertura activa del suelo o malezas ²²				
– 70% cubierta vegetativa	0,75	0,70	0,70	4
– 50% cubierta vegetativa	0,80	0,80	0,80	3
– 20% cubierta vegetativa	0,85	0,85	0,85	2
Coníferas ²³	1,00	1,00	1,00	10
Kiwi	0,40	1,05	1,05	3
Olivos (40 a 60% de cobertura del suelo por el dosel) ²⁴	0,65	0,70	0,70	3-5
Pistachos, sin cobertura del suelo	0,40	1,10	0,45	3-5
Huerto de Noga ¹⁸	0,50	1,10	0,65 ¹⁸	4-5

D5.- Datos relativos a Humedad en el suelo (<http://elriego.com/humedad-en-el-suelo-capacidad-de-campo-punto-de-marchitez-y-agua-util-en-funcion-del-tipo-de-suelo/>)

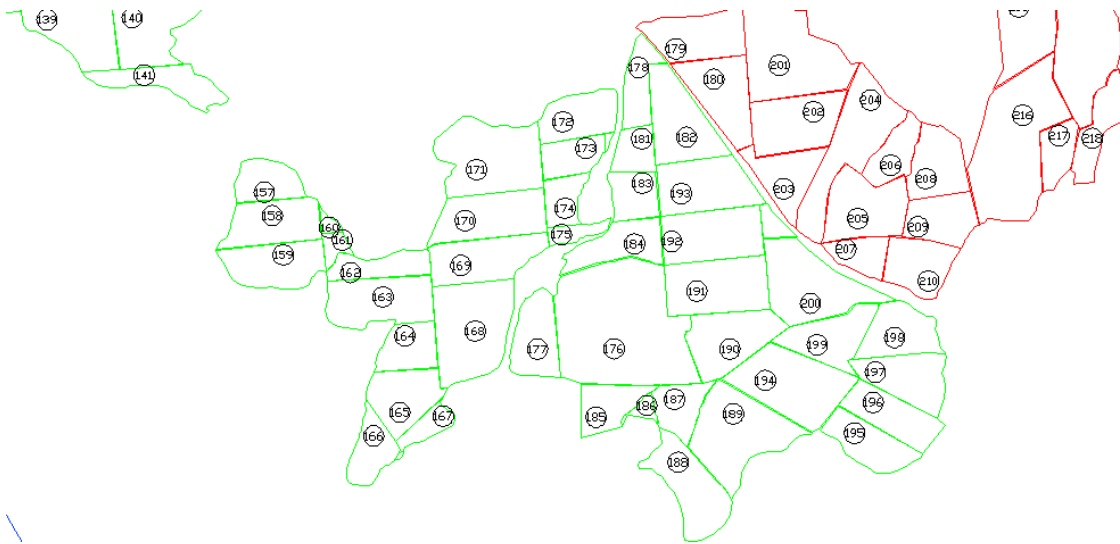
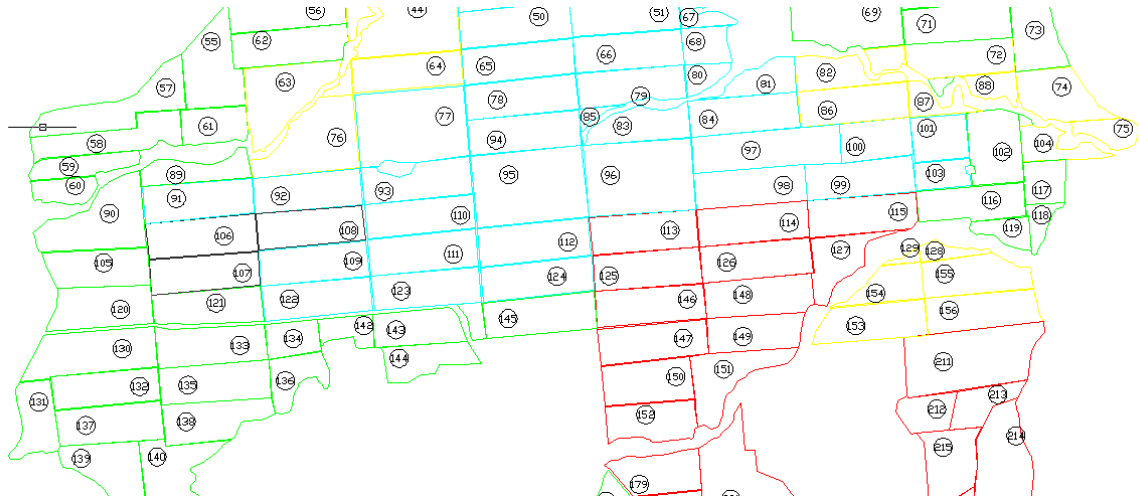
HUMEDAD EN EL SUELO			
TEXTURA SUELO	CAPACIDAD CAMPO	P. MARCHITAMIENTO	HUMEDAD DISPONIBLE
Arenoso	9%	7%	2%
Arenoso-franco	14%	4%	10%
Franco arenoso limoso	23%	9%	14%
Franco arenoso + materia orgánica	29%	10%	19%
Franco	34%	12%	22%
Franco-arcilloso	30%	16%	14%
Arcilloso	38%	34%	14%
Arcilloso con buena estructura	50%	30%	20%

Anexo E

E1



“Estudios Básicos para el Aprovechamiento de los Recursos Hídricos con fines de Riego en la comunidad de El Naranjo de Chila en el municipio de Aguililla Michoacán”.



E2

PREDIO	SUPERFICIE M2
1	164972.63
2	95457
3	329253.05
4	206270.05
5	244051.17
6	161644.05
7	292571.99
8	170841.78
9	121626.61
10	601263.85
11	172033.83
12	273478.47
13	143919.89
14	116111.76
15	331912.51
16	262137.24
17	146217.74
18	160366.43
19	299982.17
20	174029.25
21	139716.68
22	224735.5
23	150523.28
24	152150.32
25	119240.84
26	28352.53
27	144717.89
28	162170.77
29	167348.25
30	124662.4
31	151754.81
32	162601.73
33	89962.68
34	69338.01
35	151292.65
36	71016.15
37	343012.57
38	154417.26
39	93327.35
40	91095.63

PREDIO	SUPERFICIE M2
41	139520.7
42	37080.16
43	83326.55
44	331308.34
45	146937.64
46	76195.99
47	202017.86
48	183237.01
49	160778.88
50	162136.25
51	158665.97
52	229161.71
53	67635.09
54	153224.2
55	172316.07
56	157258.56
57	188048.51
58	153632
59	80379.07
60	59240.44
61	91293.27
62	156829.88
63	194190.53
64	163785
65	155947.2
66	152482.04
67	46019.03
68	66018.36
69	299228
70	161260.01
71	157072.66
72	142096.68
73	139575.68
74	142232.95
75	57237.94
76	220618.2
77	308960.38
78	155410.52
79	143977.34
80	40421.88

PREDIO	SUPERFICIE M2
81	80162.65
82	99677.84
83	118059.85
84	156180.41
85	16475.95
86	154040.46
87	53034.26
88	49244.77
89	96409.95
90	214413.71
91	157246.61
92	154121.77
93	144059.63
94	156343.29
95	319562.52
96	307652.29
97	217345.96
98	160672.16
99	151811.77
100	106881.62
101	97491.82
102	150059.72
103	59799.27
104	74503.55
105	146285.46
106	158490.63
107	148699.46
108	151358.09
109	153778.51
110	147952.55
111	157185.67
112	170208.99
113	156888.75
114	160462
115	157485.59
116	138174.33
117	70561.44
118	36686.2
119	53015.74
120	157610.86

“Estudios Básicos para el Aprovechamiento de los Recursos Hídricos con fines de Riego en la comunidad de El Naranjo de Chila en el municipio de Aguililla Michoacán”.

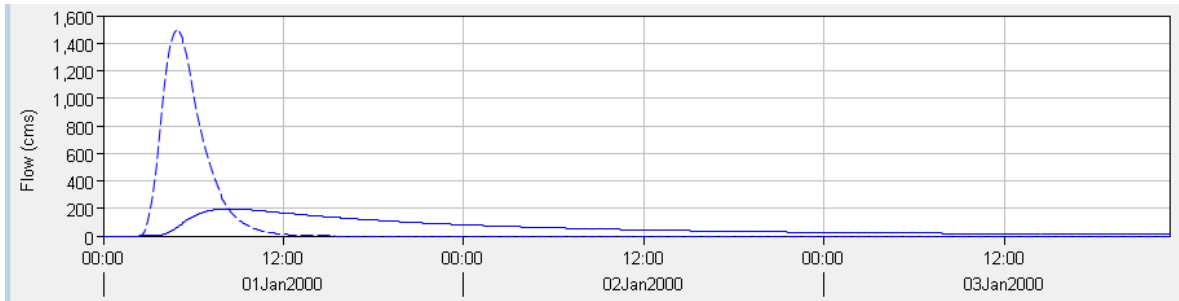
PREDIO	SUPERFICIE M2
121	142646.91
122	150000
123	147307
124	155924.61
125	153266
126	158417.28
127	112386.32
128	31750.5
129	11100.71
130	208366.62
131	107838.57
132	139107.89
133	162143.36
134	70396.97
135	162141
136	87000
137	155866.81
138	146930.3
139	144257.36
140	137976
141	94957.86
142	55014.5
143	118967.18
144	101258.84
145	161392.36
146	152526.17
147	154710.56
148	155649.98
149	130838.8
150	145634.21
151	150421.13
152	126608.07
153	151323.54
154	88336.21
155	148573.05
156	154171.23
157	70394.65
158	123987.2
159	127033.57
160	9852.5

PREDIO	SUPERFICIE M2
161	20584.43
162	72759.37
163	151193.35
164	79537.2
165	113423.91
166	75520.3
167	38462.2
168	217618.46
169	139735.17
170	150114.24
171	214117.2
172	101953.4
173	69201.65
174	55611.47
175	28217.12
176	461051.78
177	107580.7
178	71130.31
179	129616.02
180	138833.77
181	53376.48
182	150713.65
183	68594.27
184	101011.58
185	79661.2
186	14026.32
187	72594.05
188	149124.2
189	211123.84
190	145449.06
191	166829.8
192	155174.07
193	150404.65
194	201177.01
195	102215.55
196	106643.5
197	120152.48
198	105573.41
199	114943.46
200	191186.51

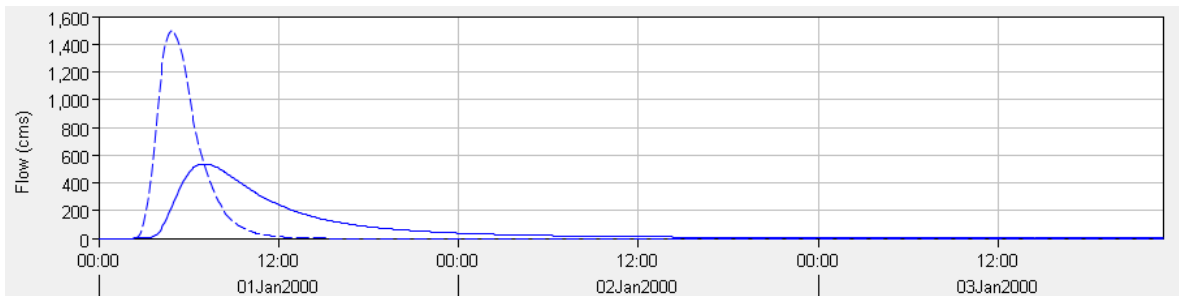
PREDIO	SUPERFICIE M2
201	2714886.08
202	146628.86
203	100964.67
204	202740.77
205	150154.92
206	71492.92
207	57964.44
208	109540.85
209	97299.46
210	103947.36
211	300949.34
212	75550.7
213	78203.54
214	250241.12
215	143503.09
216	321813.6
217	69846.98
218	85295.76

Anexo F

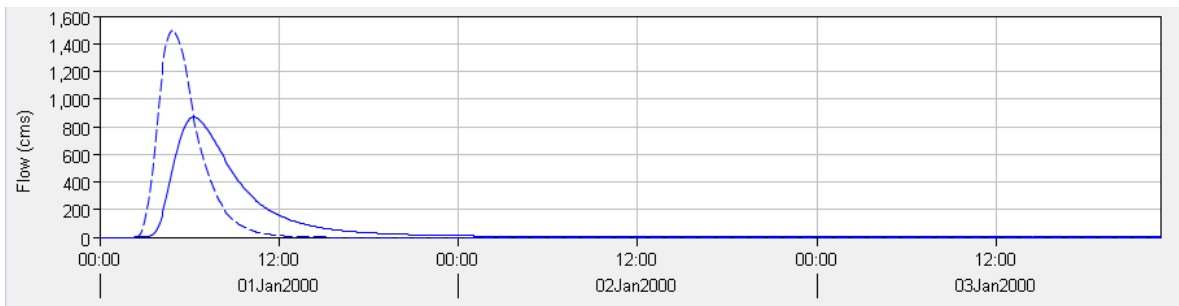
F1. Hidrograma para Tr 10 000 años y ancho de vertedor de 5 metros.



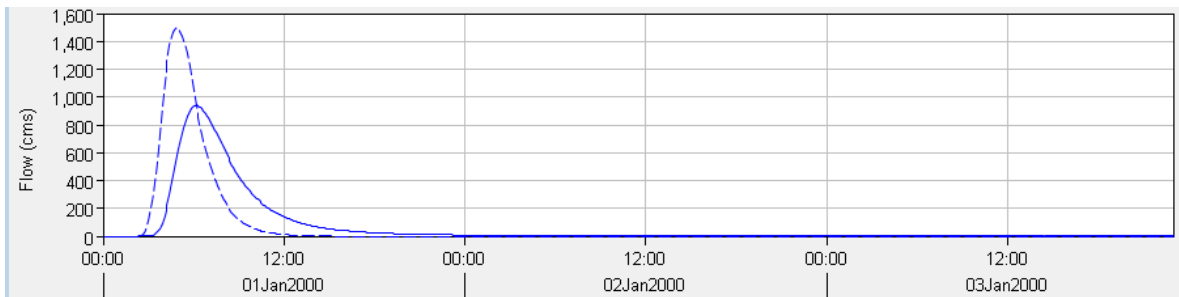
F2. Hidrograma para Tr 10 000 años y ancho de vertedor de 20 metros.



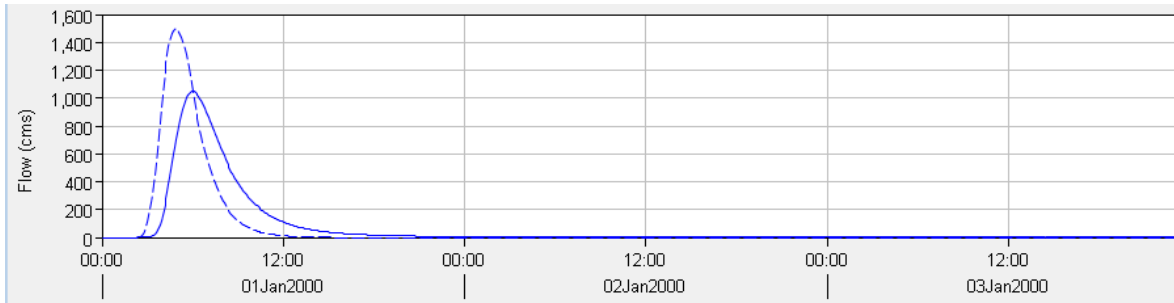
F3. Hidrograma para Tr 10 000 años y ancho de vertedor de 50 metros.



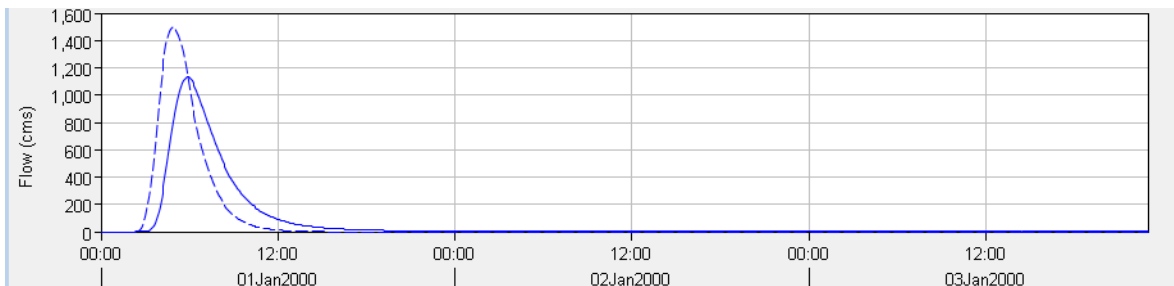
F4. Hidrograma para Tr 10 000 años y ancho de vertedor de 60 metros.



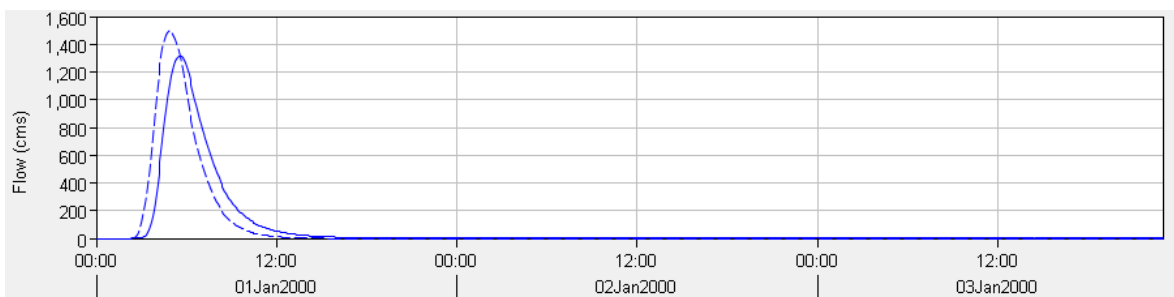
F5. Hidrograma para Tr 10 000 años y ancho de vertedor de 80 metros.



F6. Hidrograma para Tr 10 000 años y ancho de vertedor de 100 metros.



F7. Hidrograma para Tr 10 000 años y ancho de vertedor de 200 metros.



ANEXO G.

G1. Anchos de plantilla recomendados (Villón Béjar, 1981)

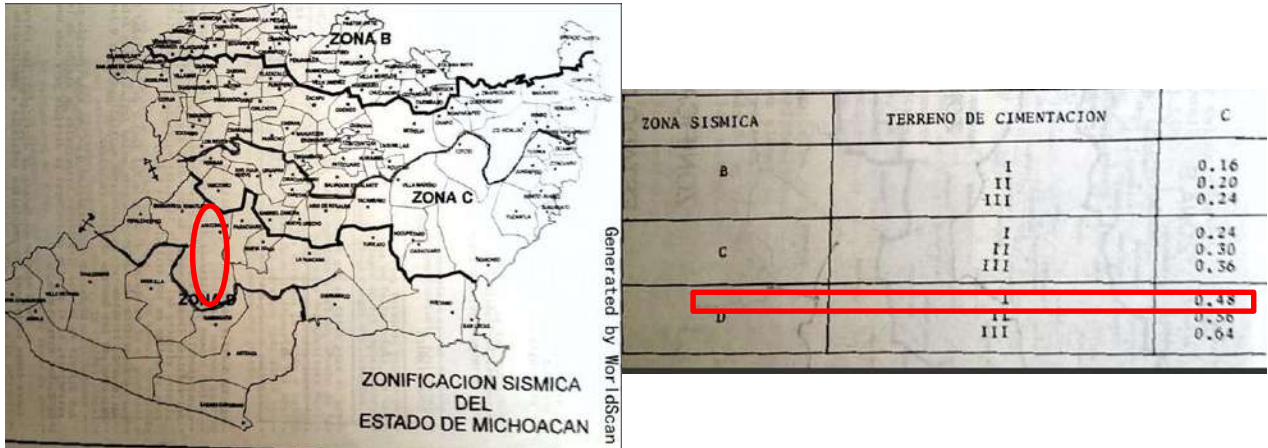
Ancho de la plantilla (m)	Borde libre (m)
Hasta 0.8	0.4
0.8 – 1.5	0.5
1.5 – 3.0	0.6
3.0 – 20.0	1.0

G2. Velocidades máximas permisibles (Sotelo Ávila, 2002, p. 148)

Material	n	Agua limpia		Agua que transporta sedimento coloidal	
		V en m/s	τ en N/m ² *	V en m/s	τ en N/m ² *
Arena fina, coloidal.	0.020	0.46	1.295	0.76	3.597
Marga arenosa, no coloidal.	0.020	0.53	1.774	0.76	3.597
Sedimento margoso, no coloidal.	0.020	0.61	2.302	0.91	5.275
Sedimento aluvial, no coloidal.	0.020	0.61	2.302	1.07	7.193
Tierra común, firme.	0.020	0.76	3.597	1.07	7.193
Arena volcánica.	0.020	0.76	3.597	1.07	7.193
Arcilla dura, muy coloidal.	0.025	1.14	12.469	1.52	22.06
Limo aluvial, coloidal.	0.025	1.14	12.469	1.52	22.06
Pizarras, arena cementada con fango o con roca volcánica.	0.025	1.83	32.131	1.83	32.131
Grava fina.	0.020	0.76	3.597	1.52	15.346
Tierra graduada de arcilla a guijarros, no coloidal.	0.030	1.14	18.223	1.52	31.651
Limos graduados hasta piedrillas, coloidal.	0.030	1.22	20.621	1.68	38.365
Grava gruesa, no coloidal.	0.025	1.22	14.387	1.83	32.131
Piedrillas y guijarros.	0.035	1.52	43.64	1.68	52.752

Anexo H

H1. Zonificación sísmica para valores de coeficiente sísmico. (Reglamento e Construcciones del Estado de Michoacán.)



H2. Coeficientes adicionales para empuje del agua por sismo (Arreguín Cortés F. , 2000, p. 39)

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

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

H3. Factores de seguridad (Arreguín Cortés F. , 2000, p. 41)

COMBINACION DE CARGAS	FACTOR DE SEGURIDAD	PLANO ANALISIS	DISTANCIA AL PIE	DISTANCIA AL TALON	FACTOR DRENES
			m	m	
ORDINARIAS	4	CIMENTACION	33.1125	-33.1125	0.25
EXTRAORDINARIAS	2.7	CIMENTACION			

Anexo I.

I.Resultados para las distintas combinaciones de carga de cada condición.

AGUA AL NAMO (ORDINARIA)						
CONDICION DE SEGURIDAD	SUMA FUERZAS VERTICALES	SUMA MOMENTOS	ESFUERZO DE COMPRESION EN B	ESFUERZO DE COMPRESION MAXIMOS	ESFUERZOS PERMISIBLES	CONDICION
I	T	T-m	T/m2	T/m2	T/m2	
	5242.068	-18545.280	53.784	92.643	500.000	CUMPLE
			SUMA FUERZAS HORIZONTALES	TAN (FI)	FACTOR DE SEGURIDAD CORTANTE	
II			T			
			2518.280	1.000	7.078	CUMPLE
			ESFUERZO DE COMPRESION EN A	ESFUERZO POR SUBPRESION EN A		
III	T	T-m	T/m2	T/m2		
	5897.202	-27339.729	126.451	1.750		CUMPLE

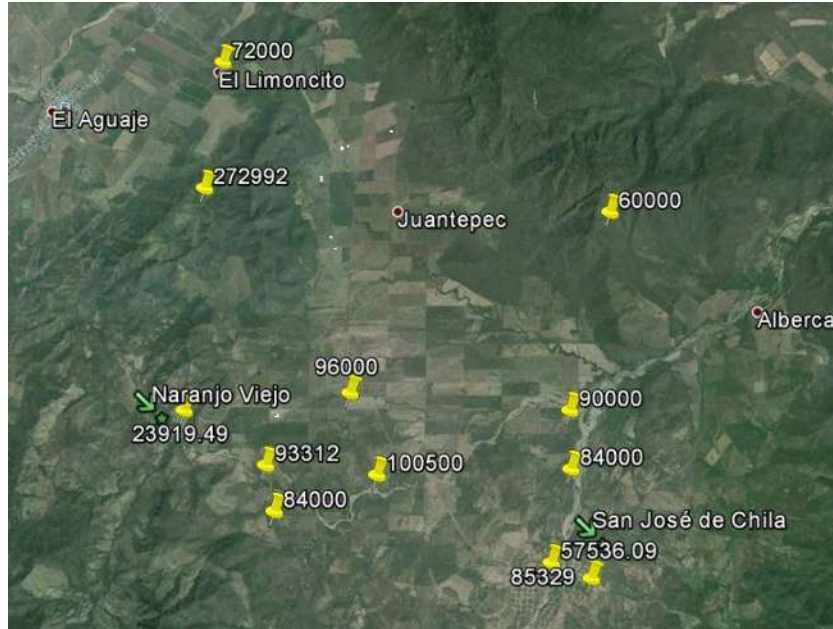
AGUA AL NAMO CON SISMO (EXTRAORDINARIA)						
CONDICION DE SEGURIDAD	SUMA FUERZAS VERTICALES	SUMA MOMENTOS	ESFUERZO DE COMPRESION EN B	ESFUERZO DE COMPRESION MAXIMOS	ESFUERZOS PERMISIBLES	CONDICION
I	T	T-m	T/m2	T/m2	T/m2	
	5242.068	75437.766	182.359	314.114	740.741	CUMPLE
			SUMA FUERZAS HORIZONTALES	TAN (FI)	FACTOR DE SEGURIDAD CORTANTE	
II			T			
			6339.755	1.000	2.812	CUMPLE
			ESFUERZO DE COMPRESION EN A	ESFUERZO POR SUBPRESION EN A		
III	T	T-m	T/m2	T/m2		
	5897.202	66643.317	-2.125	-5.472		CUMPLE

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
I	T	T-m	T/m2	T/m2	T/m2	
	5728.865	-7733.158	75.927	130.784	740.741	CUMPLE
			SUMA FUERZAS HORIZONTALES	TAN (FI)	FACTOR DE SEGURIDAD CORTANTE	
II			T			
			2998.447	1.000	6.107	CUMPLE
			ESFUERZO DE COMPRESION EN A	ESFUERZO POR SUBPRESION		
III	T	T-m	T/m2	T/m2		
	5728.865	-7733.158	97.086	-22.222		CUMPLE

PRESA VACIA (ORDINARIA)						
CONDICION DE SEGURIDAD	SUMA FUERZAS VERTICALES	SUMA MOMENTOS	ESFUERZO DE COMPRESION EN B	ESFUERZO DE COMPRESION MAXIMOS	ESFUERZOS PERMISIBLES	CONDICION
I	T	T-m	T/m2	T/m2	T/m2	
	5728.865	-72174.785	-12.234	-21.073	740.741	CUMPLE
			SUMA FUERZAS HORIZONTALES	TAN (FI)	FACTOR DE SEGURIDAD CORTANTE	
II			T			
			273.780	1.000	66.884	CUMPLE
			ESFUERZO DE COMPRESION EN A	ESFUERZO POR SUBPRESION		
III	T	T-m	T/m2	T/m2		
	5728.865	-72174.785	185.246	-22.222		CUMPLE

AGUA AL NAME (EXTRORDINARIA)						
CONDICION DE SEGURIDAD	SUMA FUERZAS VERTICALES	SUMA MOMENTOS	ESFUERZO DE COMPRESION EN B	ESFUERZO DE COMPRESION MAXIMOS	ESFUERZOS PERMISIBLES	CONDICION
I	T	T-m	T/m2	T/m2	T/m2	
	5218.302	-7435.303	68.625	118.206	740.741	CUMPLE
			SUMA FUERZAS HORIZONTALES	TAN (FI)	FACTOR DE SEGURIDAD CORTANTE	
II			T			
			2853.280	1.000	6.239	CUMPLE
			ESFUERZO DE COMPRESION EN A	ESFUERZO POR SUBPRESION EN A		
III	T	T-m	T/m2	T/m2		
	5922.327	-16886.054	112.529	-4.222		CUMPLE

Anexo J.



BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio Mijares, F. J. (2012). *Fundamentos de Hidrología Superficial*. México, D.F.: Limusa.
- Arreguín Cortés, F. (2000). *Presas Derivadoras* (Primera ed.). México, D.F.: IMTA, CNA.
- Arreguín Cortés, F. I. (2000). *Obras de Excedencia*. México, D.F.: IMTA.
- Campos Aranda, D. F. (1998). Procesos del Ciclo Hidrológico. En D. F. Campos Aranda, *Procesos del Ciclo Hidrológico*. San Luis Potosí: Editorial Universitaria Potosina.
- CONAGUA. (s.f.). *Atlas Digital del Agua de México*. Recuperado el 30 de octubre de 2015, de <http://www.conagua.gob.mx/atlas/contexto07.html>
- Datos técnicos de equipos de aspersión GIMEX*. (s.f.). Obtenido de <http://gimbelmexicana.com/tienda/catalogos/pdf/6569>
- Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México*. (s.f.). Recuperado el 30 de Octubre de 2015, de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/municipios/16002a.html>
- FAO, O. d. (2006). *Evapotranspiración de cultivo, Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Roma: FAO.
- Gracia Sánchez, J. (s.f.). *Manual de Ingeniería de Ríos* (Vol. XVII Pérdida de Suelo en Cuencas). México D.F.: UNAM.
- Heredía Rodríguez, C. A. (2011). *Estudio hidrológico acorde a los requisitos para solicitar permiso para realizar obras en cauce y zona federal*. Morelia, Michoacán: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- <http://elriego.com/humedad-en-el-suelo-capacidad-de-campo-punto-de-marchitez-y-agua-util-en-funcion-del-tipo-de-suelo/>. (s.f.).
- http://www.ehowenespanol.com/valores-densidad-aparente-suelo-segun-tipo-hechos_184107/. (s.f.).
- Pardo González, A. (2015). *Impacto Ambiental de la Zona Aguacatera en los acuíferos de Apatzingán y Cotija, Región Tancítaro*. Morelia, Michoacán: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Pérez Morales, G. B., & Molina Aguilar, J. P. (2013). *Obras Hidráulicas*. Morelia, Michoacán, México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Reglamento e Construcciones del Estado de Michoacán. (s.f.).

Salas López, A. (2012). Apatzingán de la Constitución "Tierra de Luz". En A. Sálaz López, *Apatzingán de la Constitución "Tierra de Luz"* (pág. 232). Acapulco, Guerrero: Sagitario.

Sotelo Ávila, G. (2002). *Hidráulica de Canales*. México, D.F.: Facultad de Ingeniería, UNAM.

Villón Béjar, M. (1981). *Hidráulica de Canales*. Lima, Perú: Hozlo.