

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALMACENAJE DE AGUA, UTILIZANDO LAS
QUEBRADAS DEL ÁVILA A FINES DE USO DE RIEGO

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR

Br. García, Edgar Ramón

Br. Giovannucci Fernández, Diego David

PROFESOR GUÍA

Ing. José Ochoa Iturbe

FECHA

Caracas, Junio de 2016

DEDICATORIA

A Dios, por esta gran oportunidad.

A nuestros Padres y Hermanos.

Agradecimientos

Primero que nada, agradezco a Dios por darme la oportunidad de recorrer este largo camino, en esta gran casa de estudio y haber conocido a tantos compañeros que me apoyaron y compartieron esta experiencia única conmigo.

A mi pilar fundamental, mi familia, a mi madre, a la que todo se lo debo, mi hermana, que aparte de ser mi gran amiga ha sido un apoyo inigualable, a mi abuela, que ahora me guía desde el cielo, y a todos mis familiares que me asistieron a lo largo de mi carrera.

Especial agradecimientos al grupo de ingenieros de Metalúrgicas Aceralia y a nuestro Gerente General, por haber sido tan comprensivos y colaboradores todo este tiempo, incluso en esta última etapa.

A mi amigo y compañero de tesis Diego Giovannucci, por su vital apoyo en este trabajo especial.

A nuestro tutor José Ochoa, por orientarnos, educarnos y entendernos en este capítulo crucial de nuestra carrera.

Edgar Ramón García

Agradecimientos

A mis padres y hermanos, que a pesar de la distancia, su apoyo fue incondicional. Gracias a ustedes por ser el principal motivo de estar hoy en esta etapa de mi vida.

Al resto de mi familia por ser un ejemplo a seguir de unidad y colaboración.

A nuestro tutor, el Ingeniero José Ochoa Iturbe, por su dedicación y toda la orientación que nos brindó para realizar este Trabajo Especial de Grado.

A mis compañeros de estudio que representaron un soporte durante mi carrera.

Diego David Giovannucci Fernández

ÍNDICE

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento Del Problema.....	1
1.2 Alcances Y Limitaciones	3
1.3 Antecedentes	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivo Específicos.....	5
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 Ciclo Hidrológico	6
2.2 Flujo De Agua	7
2.3 Cuencas Hidrográficas.....	7
2.4 Quebradas	8
2.5 Hidrología.....	8
2.6 Captación Directa de Aguas Superficiales.....	9
2.7 Obras de Captación de Agua	9
2.8 Dique Toma	10
2.9 Estanques de Almacenamiento.....	14
2.10 Conducción del Agua.....	16
2.10.1 Conducciones a Presión.....	16
2.10.2 Conducciones con Superficie Libre.....	19

2.11 Riego.....	21
CAPÍTULO III	22
MARCO METODOLÓGICO	22
3.1 Tipo de Investigación	22
3.2 Enfoque de la Investigación	22
3.3 Diseño de la Investigación.....	23
3.4 Área de Estudio	23
3.5 Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos.....	23
3.6 Técnicas para el Análisis de la Información	24
CAPÍTULO IV	25
EL ÁVILA Y SUS QUEBRADAS	25
4.1 Quebrada Chacaíto.....	26
4.2 Quebrada Los Chorros (Río Tócome)	27
4.3 Quebrada Tacamahaca	29
CAPÍTULO V	30
MÉTODO C.O. CLARK	30
5.1 Trazado de Líneas Isócronas	31
5.2 Determinación de las Precipitaciones.....	33
5.3 Cálculo del Caudal de Salida.....	35
5.4 Aplicación del Método de Muskingum	36
5.5 Hidrograma de Caudal vs Tiempo	38
CAPÍTULO VI.....	39
ANÁLISIS DE RESULTADOS	39

6.1 Determinación de las Precipitaciones.....	39
6.2 Cálculos de las Áreas	46
6.3 Trazado de Líneas Isócronas	49
6.4 Cálculo del Caudal de Salida.....	52
6.5 Método de Muskingum.....	55
6.6 Hidrogramas de Caudales vs Tiempos (Tr = 10 años)	61
CAPÍTULO VII	72
CONSIDERACIONES ADICIONALES	72
7.1 Dique-Toma	72
7.2 Tanques de Almacenamiento	76
7.3 Tuberías.....	81
CAPÍTULO VIII	84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
8.1 Conclusiones	84
8.2 Recomendaciones	86
BIBLIOGRAFÍA.....	88
ANEXOS	91

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1 Ciclo Hidrológico	6
2.2 Dique-Toma con aducción incorporada.....	12
2.3 Dique-Toma con captación lateral	12
2.4 Dique-Toma con captación de rejillas incorporada	13
2.5 Captación directa desde un pozo natural	13
2.6 Tanque Esférico	15
2.7 Tanque Cilíndrico	15
2.8 Tanque Rectangular	16
4.1 Trazado Quebrada Chacaíto.....	27
4.2 Trazado Quebrada Los Chorros	28
4.3 Trazado Quebrada Tacamahaca.....	29
5.1 Trazado de Isócronas	31
6.1 Cuenca de la Quebrada Chacaíto	47
6.2 Cuenca de la Quebrada Los Chorros	47
6.3 Cuenca de la Quebrada Tacamahaca	48
6.4 Isócronas de la Quebrada Chacaíto.....	50
6.5 Isócronas de la Quebrada Los Chorros	50
6.6 Isócronas de la Quebrada Tacamahaca	51
6.7 Trazado Preliminar de tubería en la Quebrada Chacaíto	66
6.8 Trazado Preliminar de tubería en la Quebrada Los Chorros	67
6.9 Trazado Preliminar de tubería en la Quebrada Tacamahaca	67
6.10 Trazado Preliminar Chacaíto - Los Chorros	68
6.11 Mapa de Parques a Regar Chacaíto	69
6.12 Mapa de Parques a Regar Los Chorros.....	69
6.13 Mapa de Zona a Dotar Tacamahaca	70

7.1 Dique-Toma con captación de rejillas incorporadas.....	74
7.2 Corte Transversal del Dique-Toma con captación de rejillas incorporadas	75
7.3 Dique-Toma Caso de Gasto de Demanda.....	75
7.4 Dique-Toma Caso de Crecida de Diseño.....	76
7.5 Sección Típica de Losa para Tanque Australiano	78
7.6 Tanques Australianos.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

5.1 Precipitación - Área	35
5.2 Cálculo del Volumen	35
5.3 Aplicación de Muskingum.....	37
6.1 Intensidades para Lluvias Máximas de 30 minutos	40
6.2 Organización de Intensidades	41
6.3 Cálculo del Tiempo de Retorno con Weibull	41
6.4 Intensidades Máximas de la Curva IDF.....	44
6.5 Cálculo de Precipitación Efectiva.....	45
6.6 Cálculo de la Distancia entre Isócronas	49
6.7 Áreas de las Sub Cuencas (Isócronas)	51
6.8 Cálculo del Volumen para Chacaíto	52
6.9 Cálculo del Caudal para Chacaíto.....	52
6.10 Cálculo del Volumen para Los Chorros	53
6.11 Cálculo del Caudal para Los Chorros	53
6.12 Cálculo del Volumen para Tacamahaca	54
6.13 Cálculo del Caudal para Tacamahaca.....	54
6.14 Coeficientes de Muskingum para Chacaíto	55
6.15 Aplicación de Muskingum para Chacaíto.....	56
6.16 Coeficientes de Muskingum para Los Chorros.....	57
6.17 Aplicación de Muskingum para Los Chorros	58
6.18 Coeficientes de Muskingum para Tacamahaca	59
6.19 Aplicación de Muskingum para Tacamahaca.....	60
6.20 Volúmenes de Agua.....	62
6.21 Materiales para Tuberías.....	65
7.1 Tabla de Capacidades para Tanques Australianos.....	80

7.2 Tabla de Dimensiones Propuestas para los Tanques Australianos	81
7.3 Especificaciones ASTM de Láminas de Acero para la Fabricación de Tuberías de Acero que Transportan Agua.....	82
7.4 Catálogo de Tuberías de Acero Galvanizado	83

ÍNDICE DE GRÁFICOS

6.1 Gráfico de Probabilidad de Gumbel	43
6.2 Curva Intensidad-Duración-Frecuencia.....	42
6.3 Precipitación Efectiva vs Tiempo	45
6.4 Caudal de Salida Quebrada Chacaíto.....	61
6.5 Caudal de Salida Quebrada Los Chorros	61
6.6 Caudal de Salida Quebrada Tacamahaca.....	62

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALMACENAJE DE AGUA, UTILIZANDO LAS QUEBRADAS DEL ÁVILA A FINES DE USO DE RIEGO

Trabajo Especial de Grado

Realizado por: Br. García, Edgar Ramón

Br. Giovannucci F., Diego David

Profesor Guía: Ing. José Ochoa

SINOPSIS

El Planeta Tierra con el pasar de los años, ha sufrido constantes problemáticas con el recurso más importante que existe, el agua. Siempre han estado presentes las épocas de sequías que traen tragedias importantes. Venezuela es uno de los tantos países que en una época determinada del año, se ve afectada por este evento, pero a diferencia de otros, cuenta con numerosas soluciones para combatirlo. Un ejemplo y protagonista de esta Tesis, es el Parque Nacional Waraira Repano, también conocido como El Ávila, el cual cuenta con numerosos cuerpos de agua, a los que se les puede dar provecho.

El Trabajo Especial de Grado presentado a continuación, trata del estudio hídrico para el aprovechamiento de los volúmenes que se pueden captar de las quebradas del Parque, como lo son específicamente las Quebradas Chacaíto, Los Chorros y Tacamahaca. Estos volúmenes serán los provenientes de las lluvias que caen sobre las áreas de sus cuencas y escurren hacia los cauces principales.

El proyecto planteado consta de un Dique-Toma y un sistema de tuberías que surtirán a dos Tanques ubicados en cotas específicas; para usos como reservas contra Incendios Forestales y algún Sistema de Riego para los parques o zonas verdes cercanos a la cota mil, en cada una de las quebradas. Todo el sistema se ha prediseñado para trabajar a gravedad, evitando el uso de bombas para darle mayor potencial a su posible realización.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento Del Problema

Venezuela está ubicada en el extremo septentrional de Sur América, cuya zona se encuentra regida por intensa actividad tectónica. Entre las cadenas montañosas del país, al Oeste se extiende la Cordillera de los Andes Venezolanos, que se prolongan hacia el Norte y se transforma allí en la Cordillera de la Costa, la cual nace del resultado de la convergencia de dos grandes placas: la Placa del Caribe y la Placa Suramericana, hace 40 millones de años.

Esta cordillera, representa un complejo sistema integrado por formaciones montañosas, colinas, valles longitudinales y depresiones interiores, cuya extensión aproximada es de 53.000 km².

El tramo central de la cordillera, tiene cerca de 350 km de largo de Oeste a Este y presenta una formación geográfica de gran importancia, llamada Valle de Caracas, la cual fue cubierta de sedimentos aportados por el Río Guaire y por una serie de quebradas, que luego de excavar el área montañosa, depositaron los detritos a sus pies en forma de abanicos aluviales.

Dichas quebradas, provienen del Parque Nacional Waraira Repano, también conocido como El Ávila. Este se eleva abruptamente desde el mar y en él se encuentran picos con elevaciones significativas, como son: el Pico Naiguatá con 2765 m.s.n.m. y el Pico Oriental de la Silla de Caracas con 2640 m.s.n.m.

La lluvia es más abundante en la vertiente Norte que en la Sur y en especial en la zona más alta. La faja litoral hasta los 600 m sobre el nivel del mar es relativamente seca. En la vertiente

Sur la zona de condensación tiene lugar a partir de los 1500 m. Y en la vertiente que drena hacia el litoral, a partir de los 900 m.

El drenaje de esta cordillera está formado por numerosas quebradas de curso corto con una clara dirección Norte-Sur. Sus pendientes son muy pronunciadas, lo que hace que estos arroyos tengan frecuentes cascadas, que constituyen un elemento paisajístico importante.

A lo largo de todo el Parque se encuentran múltiples quebradas, arroyuelos y ríos, siendo estas vertidas en otros cursos de agua que nacen en los linderos del parque en la cuenca del río Guaire, principal río de la ciudad de Caracas. Aunque el caudal de todas estas quebradas o ríos no es de gran envergadura, sí son corrientes permanentes de agua por tener sus cabeceras a gran altura (casi siempre a más de 2000 m.s.n.m.) donde, sobre todo durante la noche, se presenta una condensación muy intensa y continua, aunque se reduce mucho hacia las faldas de la montaña.

La falta de agua o sequía, es un fenómeno con el que han tenido que convivir todas las generaciones desde tiempos inmemorables hasta nuestros días. Actualmente se sabe que es un tema principal dentro de los problemas a nivel mundial, y Venezuela no se escapa. Es ahí donde surgen las ideas de cómo se puede tratar de minimizar los daños de este fenómeno, y evitar que sigan afectando a nuestra sociedad.

El propósito final de esta investigación será determinar posibles sitios de almacenaje de volúmenes de algunas de las quebradas de la vertiente Sur. Siendo el Ávila pulmón de Caracas, rico en fuentes hídricas, se ha pensado la posibilidad de encausar parte de este volumen para su aprovechamiento en riego, tomando agua de algunas de las quebradas que constituyen esta serranía y almacenándola en tanques.

Durante la elaboración de este Trabajo Especial de Grado, se utilizará un método muy común y efectivo en Hidrología, llamado “Método de C.O. Clark”.

En 1945 Clark propuso un método para desarrollar un hidrograma unitario para modelar la respuesta de la lluvia en una cuenca. Su técnica se basa en dos componentes: un hidrograma de transferencia y un tránsito en un almacenamiento lineal. La intención de Clark era que el hidrograma unitario sintético reflejara la influencia de la forma del área de drenaje. Esto se ve representado por medio de isócronas o curvas de igual tiempo de viaje a la salida de la cuenca, a partir de las cuales se determina el histograma Tiempo-Área.

Este método supone que la cuenca considerada, funciona como un depósito. Un aumento del caudal de entrada de un depósito o embalse, se refleja en el caudal de salida amortiguado y retardado.

El modo más simple de suponer este fenómeno, es considerar un depósito lineal; eso significa que existe una relación lineal entre el volumen almacenado en el depósito y el caudal de salida.

1.2 Alcances Y Limitaciones

Las quebradas que se analizarán en el presente trabajo serán aquellas ubicadas en la vertiente Sur del Parque Nacional Waraira Repano, específicamente las Quebradas: Chacaíto, Los Chorros (Río Tócome) y Tacamahaca.

Una de las principales limitaciones fue la gran dificultad al buscar información correspondiente a dichas quebradas, debido a la inexistencia de datos pluviométricos e hidrométricos de las cuencas, así como de planos topográficos.

1.3 Antecedentes

Este Trabajo Especial de Grado, tiene como antecedentes principales dos investigaciones realizadas por ingenieros egresados de la Universidad Católica Andrés Bello y ambas dirigidas por el Ingeniero José Ochoa Iturbe.

La primera se titula, “Análisis preliminar de aprovechamiento de las quebradas del Ávila, entre las zonas de los Chorros y Guarenas para abastecimiento urbano”. En el año 2003, José Alejandro y Daniel Torres, analizaron numerosas quebradas ubicadas en dichas zonas, determinando caudales e inspeccionando tomas que existen en algunas de estas, de manera de aprovechar los recursos de agua provenientes del Parque Nacional El Ávila.

La segunda investigación, fue realizada por los Ingenieros Ninoska González y Jesús Mirabetty en el año 2015, titulada “Caracterización hidrológica, hidráulica y sanitaria de una cuenca. Caso Quebrada Chacaíto del Municipio Chacao Estado Miranda”. La finalidad de esta tesis fue analizar la quebrada nombrada, desde el punto de vista hidrológico, hidráulico y sanitario.

Ambas investigaciones, sirvieron de apoyo para la realización de este proyecto, siendo guía tanto en la metodología como en el desarrollo.

La propuesta inicial para este proyecto, fue realizada por el Arquitecto Miguel Carpio en conjunto con el Ingeniero José Ochoa Iturbe, quienes de manera utópica plantearon la posibilidad del aprovechamiento hídrico de las quebradas provenientes de la vertiente Norte y la vertiente Sur del parque, de manera de almacenar parte de sus caudales y darles un uso determinado.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Analizar las quebradas Chacaíto, Los Chorros y Tacamahaca del Parque Nacional Waraira Repano (Ávila) que drenan hacia la ciudad de Caracas y determinar un volumen de almacenaje en sus cuencas que permitan atender un sistema de riego alternativo en parques o sitios de recreación aguas abajo.

1.4.2 Objetivo Específicos

1. Realizar el estudio hidrológico de algunas de las quebradas del Ávila, en diversos sitios de su recorrido para determinar a su vez caudales que nos permitan el cálculo de volúmenes de almacenaje. Este se hará en base a volúmenes de crecidas máximas.
2. Realizar cálculo preliminar de dimensiones de tanques de almacenaje.
3. Trazar y calcular preliminarmente una tubería de conexión entre tanques de almacenaje.
4. Trazar y calcular preliminarmente una tubería de conexión entre tanques de almacenaje y el sistema de riego.
5. Presentar una alternativa de uso de las aguas almacenadas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo, se encuentra desarrollado el Marco Teórico. Donde se explican algunos conceptos relacionados con este Trabajo Especial de Grado, para facilitar al lector el entendimiento del tema a tratar. De la misma manera, se pretende dar soporte al Marco Metodológico, explicado en el próximo capítulo.

2.1 Ciclo Hidrológico

El Balance Hidrológico comprende la entrada, el almacenamiento y la salida de agua en la hidrosfera, litosfera y atmósfera. Éste se aplica en todos los casos que tienen que ver con la distribución de los recursos hidráulicos a nivel global, en donde se contemplan todos los estados posibles del agua (gaseoso, líquido y sólido) y la conexión entre ellos. Es imprescindible en los estudios de regulación de embalses y en los proyectos de suministro de agua para acueductos, riego y generación hidroeléctrica.



Figura 2-1 Ciclo Hidrológico
(Fuente: El Ciclo del Agua, 2015. Benavides, A y Ramírez, R)

2.2 Flujo De Agua

El agua fluyendo sobre una superficie es un proceso complejo que varía en las tres dimensiones espaciales y en el tiempo. Comienza cuando el agua almacenada en la superficie adquiere una profundidad suficiente para vencer las fuerzas de retención superficial y empieza a fluir. Se pueden distinguir dos tipos básicos de flujo:

- **Flujo Superficial:** es el primer mecanismo de flujo en las cuencas naturales y tiene la forma de una capa delgada de agua que escurre a lo largo de una superficie ancha. El flujo continúa en esta condición durante una corta distancia, hasta que las irregularidades del terreno lo concentran en pequeños canales curvos. Gradualmente, los flujos de estos pequeños canales se combinan hasta confluir en canales claramente definidos (Chow, 1994).
- **Flujo en Canal:** es una corriente más angosta que fluye en una trayectoria confinada. Los canales se acumulan aguas abajo para formar el flujo del curso a la salida de la cuenca (Chow, 1994).

2.3 Cuencas Hidrográficas

Una Cuenca Hidrográfica, es un territorio drenado por un sistema de desagüe natural. Las cuencas, recolectan el agua de las precipitaciones, circulando el escurrimiento hasta un punto de salida en un cauce principal.

La forma de la cuenca, influye en la intensidad a la cual el agua llega a la corriente principal. La topografía o relieve de una cuenca puede tener más influencia sobre la respuesta hidrológica, que la forma de la misma. Para estudiar y analizar la topografía de una cuenca, se debe tener en cuenta la pendiente media, indicador principal del tipo de terreno, señalando si es una región montañosa o una zona baja.

Venezuela posee alrededor de 16 grandes cuencas, 250 sub cuencas y 5 mil micro cuencas. La ciudad de Caracas se encuentra en la región hidrográfica central, perteneciendo a la cuenca del Tuy. Sin embargo, es el río Guaire quien conforma el valle de Caracas, siendo esta una sub cuenca del Tuy. Las quebradas que bajan del Parque Nacional Waraira Repano como las de la cordillera central interior, son micro cuencas del Tuy.

2.4 Quebradas

Se conoce con el nombre de Quebrada, al curso de agua que recorre un cauce determinado, normalmente se encuentran en estrechos valles, encajonados por montañas. Por lo general se tratan de fosas tectónicas que son largas depresiones limitadas por fallas que se levantan a ambos lados, ya que el terreno central ha sido hundido por acción de fuerzas internas.

2.5 Hidrología

Es la disciplina que se encarga del estudio del movimiento, distribución, cantidad y calidad del agua en toda la zona terrestre, la cual comprende tanto al ciclo hidrológico como los recursos del agua. Sus dominios incluyen la hidrometeorología, hidrología superficial, la hidrogeología, la administración del drenaje y la calidad del agua.

2.6 Captación Directa de Aguas Superficiales

Según Juan José Bolinaga (1999), la función de una obra de captación directa de aguas superficiales es extraer las aguas del río, quebrada, lago o mar, para colocarlas en las obras de conducción y llevarlas a los centros de consumo.

2.7 Obras de Captación de Agua

La obra de captación, es una estructura que se construye directamente en la fuente, con la finalidad de extraer un caudal de agua deseado, para así conducirlo a una línea de aducción.

En el caso de tomas de aguas superficiales, se trata de un dispositivo que intercepte al curso del río, estará expuesto a una serie de factores negativos, por lo cual deberá cumplir con unas determinadas consideraciones para su buen funcionamiento. Dichas consideraciones, según Juan José Bolinaga (1999) deberán ser:

- El nivel de entrada de las aguas debe quedar a la máxima altura posible para evitar ser alcanzada por los depósitos de sedimentos.
- El área de captación debe protegerse contra el paso de material grueso.
- La velocidad de la corriente en la cercanía de la estructura debe ser tal que no provoque excesiva sedimentación.
- Debe ofrecer seguridad al volcamiento y deslizamiento, mediante anclajes firmes y seguros.

Tipos de Captación de Agua:

- Captación por vertederos laterales: consiste en la captación del agua mediante una escotadura realizada en la cresta del canal, la cual es paralela a la corriente.

- Captación por toma lateral: son estructuras que se construyen por lo general para derivar agua de canales principales en donde la línea de derivación puede hacerse con tubería que atravesase eventualmente el fondo del canal.
- Captación con lecho filtrante: es una estructura de captación para acueductos de bajo caudal, que tiene la capacidad de pre filtrar el flujo de agua antes de conducirlo a la línea de aducción. Esto se logra mediante la utilización de un lecho granular, el cual filtra y conduce el agua a un sistema de tuberías perforadas por debajo del lecho del cauce.
- Captación tipo Dique-Toma: es utilizado cuando las corrientes de agua son de escaso caudal y las secciones transversales pequeñas. En este caso, también se pre filtra el flujo de agua antes de conducirlo a las tuberías.

2.8 Dique Toma

Es una obra estructural, utilizada para la captación de aguas superficiales, como ríos y quebradas, que tengan poco caudal y poco ancho en su sección transversal. Consiste en la colocación de un Dique de represamiento transversalmente a la sección del río, en donde el área de captación se ubica sobre la cresta del vertedero, que permite el paso del agua, para que luego pueda ser conducida a un sistema de tuberías.

Los datos necesarios de la fuente de abastecimiento, para la construcción efectiva del Dique-Toma son: los caudales, la sección transversal, la velocidad de crecidas, la capacidad de arrastre de sedimentos, la topografía del cauce, entre otros.

En cuanto a la relación entre el tipo de toma y el tipo de río, se puede clasificar de tres maneras:

- Captaciones en torrentes montañosos: los torrentes montañosos son cursos de agua que presentan fuertes y variadas pendientes con gran capacidad de arrastre de fondo. Normalmente están ubicados en gargantas estrechas con presencia de rocas. Este tipo de obra se denomina Dique-Toma.
- Captaciones en ríos de pie de monte: se encuentran en los valles al pie de las cordilleras, tienen cauces con pendientes medias altas y gran capacidad de arrastre de fondo. Este tipo de captación se denomina Obra de Derivación.
- Captaciones en ríos de llanura: estos ríos están localizados en zonas de topografía plana con pendientes de fondo bajas, presentando una capacidad moderada de arrastre de fondo. La captación de las aguas puede ser por gravedad mediante una obra de derivación o por bombeo.

Bajo el punto de vista estructural, debe realizarse un análisis de la sección transversal del dique, con el fin de contrarrestar los efectos de volcamiento y deslizamiento causados por:

- Empuje Hidráulico
- Empuje de Sedimentos
- Impactos sobre el Dique.

Para torrentes montañosos, son comunes cuatro tipos de Dique-Toma:

- Dique-Toma con captación incorporada y conectada directamente a la aducción.

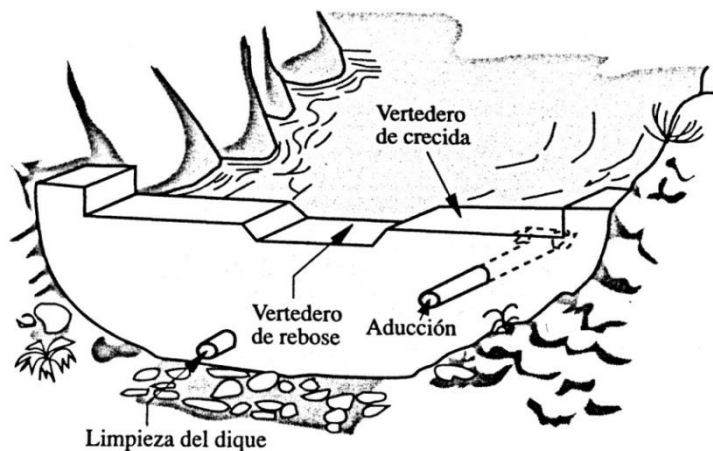


Figura 2-2 Dique-Toma con aducción incorporada
(Fuente: Bolinaga, 1999. Proyectos de Ingeniería Hidráulica)

- Dique-Toma con captación lateral y rejilla.

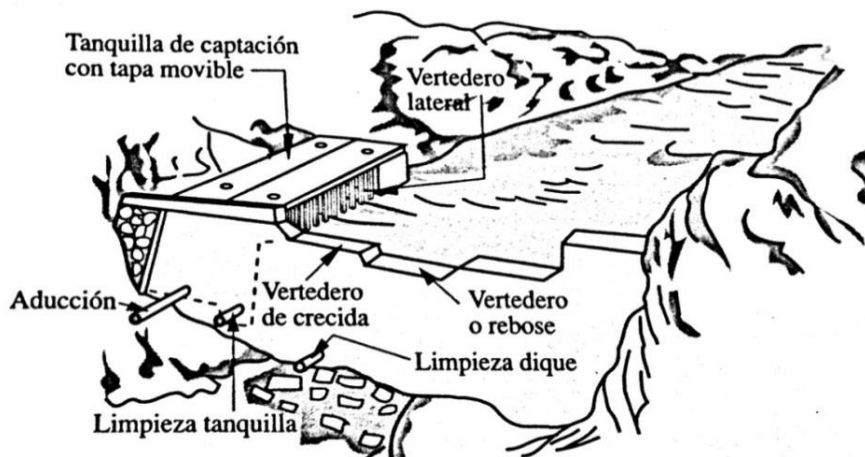


Figura 2-3 Dique-Toma con captación lateral
(Fuente: Bolinaga, 1999. Proyectos de Ingeniería Hidráulica)

- Dique-Toma con captación integrada y rejilla.

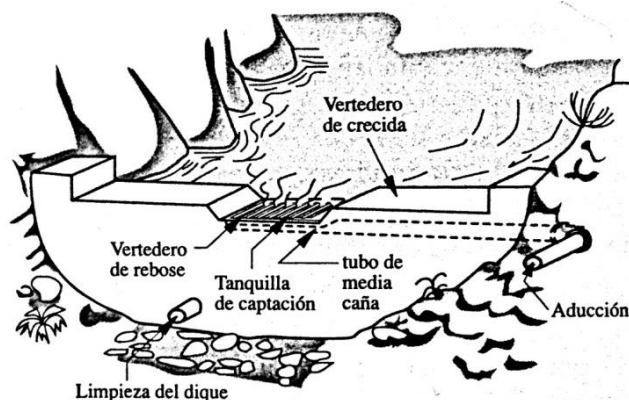


Figura 2-4 Dique-Toma con captación de rejillas incorporada
(Fuente: Bolinaga, 1999. Proyectos de Ingeniería Hidráulica)

- Captación directa del torrente, sin Dique-Toma.

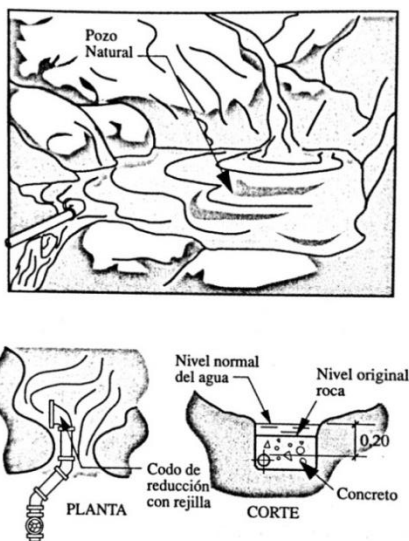


Figura 2-5 Captación directa desde un pozo natural
(Fuente: Bolinaga, 1999. Proyectos de Ingeniería Hidráulica)

2.9 Estanques de Almacenamiento

Los estanques juegan un papel muy importante en los sistemas de distribución de agua, tanto desde el punto de vista económico, como su importancia en el funcionamiento hidráulico del sistema. Para diseñar un estanque, se tiene que tomar en cuenta tres condiciones principales:

- **Capacidad:** será igual a la suma de las capacidades requeridas por las funciones que deba cumplir el tanque.
- **Ubicación:** va a estar sujeta a la necesidad de mantener las presiones en el sistema. Dichas presiones están limitadas por normas específicas.
- **Tipo de estanque:** los estanques de almacenamiento, pueden ser construidos directamente sobre la superficie del suelo, o sobre torres, cuando por razones de servicio se quiera elevarlos.
 - a) **Sobre la superficie del suelo:** generalmente, son de concreto armado, de forma rectangular o cilíndrica, y divididos en varias celdas para facilitar su limpieza.
 - b) **Sobre torres:** Pueden ser metálicos o de concreto armado. Por razones económicas, pueden ser de diferentes formas:
 - ✓ **Esféricos:** para este tipo, las paredes están sometidas a esfuerzos de compresión y tensión simple, lo cual representa una ventaja estructural, permitiendo espesores menores. La desventaja se presenta en el momento de su construcción, debido a que los encofrados para este tipo de formas son costosos.

- ✓ Cilíndricos: en este tipo de estanque, las paredes también están sometidas a esfuerzos de tensión simple, que a su vez permiten menores espesores, lo cual es una ventaja. Pero al igual que el caso anterior, los encofrados representan altos costos.
- ✓ Paralelepípedos: debido a sus formas rectas, se producen momentos que demandan mayores espesores, pero reducen los costos de encofrado.

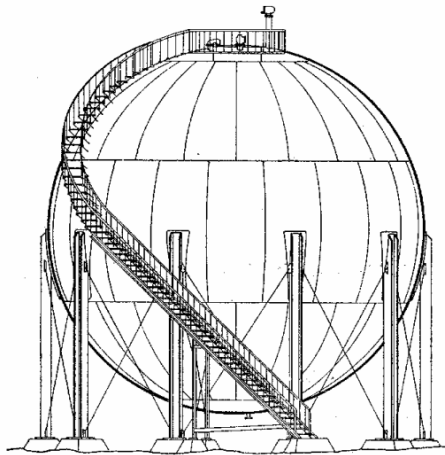


Figura 2-6 Tanque Esférico
(Fuente: Tanques de Almacenaje, 2014. Oyola, E.)

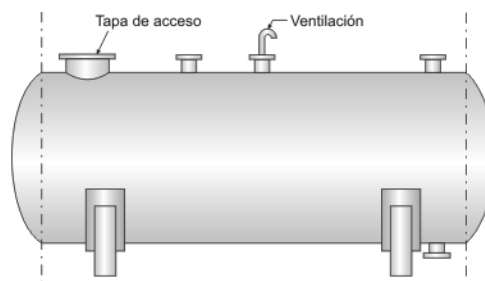


Figura 2-7 Tanque Cilíndrico
(Fuente: Tanques de Almacenaje, 2014. Oyola, E.)

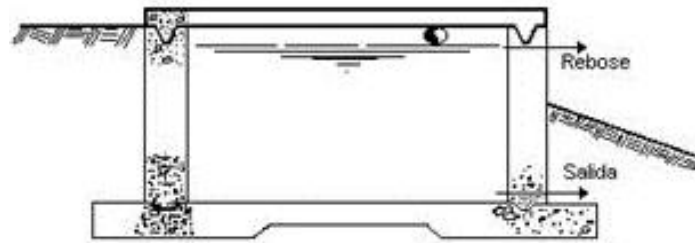


Figura 2-8 Tanque Rectangular (Paralelepípedo)
(Fuente: Tanques de Almacenaje, 2014. Oyola, E)

2.10 Conducción del Agua

Dentro de un sistema de abastecimiento de agua, se le llama línea de conducción al conjunto integrado por tuberías, y dispositivos de control, que permiten el transporte del agua desde donde se encuentra en estado natural, o almacenada, hasta el sitio donde será distribuida. Existen en general dos tipos de conducciones:

2.10.1 Conducciones a Presión: el flujo ocurre a presión confinado por contornos sólidos. Existen tres tipos de conducciones a presión:

- a) Conducciones por gravedad: en este caso, debe existir un desnivel entre el sitio de partida y llegada, de tal manera que se disponga de cierta cantidad de energía en dicho flujo.
- b) Conducciones por bombeo: este tipo de conducción requiere de un suministro externo de energía, como lo son las bombas hidráulicas.
- c) Conducciones mixtas: es una combinación de los dos casos anteriores, es decir, en cierto tramo el flujo ocurre a gravedad y en otro tramo por bombeo.

En la selección de la tubería a utilizar, se deben tomar en cuenta diversos factores, como el tipo de material, flexibilidad, colocación, condiciones de servicio, costo de materiales y de mantenimiento y operación.

- a) Tuberías de Hierro Fundido (H.F.): en este tipo de tuberías, existe la presencia de láminas de grafito, la cual le da cierta resistencia a la oxidación y a la corrosión, pero al mismo tiempo la hace frágil. Es decir, es inadecuada para su colocación en soportes, por lo que se suele utilizar en zanjas enterrada.
- b) Tuberías de Hierro Fundido Dúctil (H.F.D.): en este caso, las tuberías tienen las mismas características del tipo anterior, pero mediante métodos especiales se le agrega magnesio, ocasionando que el grafito adopte formas granulares, con lo cual se logra mayor continuidad u homogeneidad del metal. Con este proceso, las tuberías de Hierro Fundido Dúctil, son menos frágiles y pueden ser utilizadas tanto enterradas como superficialmente. Son tuberías flexibles que pueden trabajar con altas presiones.
- c) Tuberías de Concreto (T.C.): se trata de la fabricación de tubos de concreto pretensado. Debido a su peso, es recomendable que la utilización de este tipo de tuberías, sea solo enterradas en zanjas. Son rígidas y trabajan con bajas presiones.
- d) Tuberías de Hierro Galvanizado (H.G.): su fabricación se hace mediante el proceso de templado de acero. Gracias a sus características, esta tubería es recomendable solo para ser instalada superficialmente, ya que presenta una resistencia a los impactos mucho mayor que cualquier otra. Enterrada en zanjas no es conveniente, debido a la acción agresiva de los suelos ácidos.

- e) Tuberías de Asbesto-Cemento a Presión (A.C.P.): este tipo de tuberías se fabrica por enrollado a presión de una mezcla de asbesto y cemento. Son muy frágiles, por lo que su uso está limitado a ser enterradas en zanjas. Ha sido demostrado por las autoridades médicas, que su uso produce Cáncer, por lo cual se recomienda no utilizarlo.

- f) Tuberías de Policloruro de Vinilo (P.V.C.): estas se fabrican mediante la plastificación de polímeros y su utilización es para diámetros pequeños. La característica más importante de las tuberías de plástico, es su considerable menor peso, por lo que a su vez, reduce los costos. Pero en general, tienen poca resistencia a impactos, por lo cual se recomienda utilizarlas enterradas en zanjas. Entran en el grupo de tuberías rígidas y trabajan con bajas presiones.

- g) Tuberías de Polietileno de Alta Densidad (PEAD): son tuberías fabricadas con polímeros de adición, conformadas por unidades repetitivas de etileno. Ofrecen un alto grado de protección contra la degradación causada por los rayos ultravioleta, por lo que permite su instalación en zanjas enterradas o en la superficie libre. Además de ser resistentes ofrecen gran flexibilidad que las hace aptas para el trabajo en obras, en bajas y medias presiones.

- h) Tuberías de Poliéster Reforzadas con Fibra de Vidrio (PRFV): representan una solución de óptima calidad para muchos proyectos de infraestructuras de agua. Estas tuberías tienen una larga vida útil, no se corroen y poseen comprobada resistencia a los ambientes agresivos. Son livianas y son semi-rígidas, su instalación debe ser en zanjas enterradas, y trabajan para bajas y medias presiones.

Cabe acotar que estas tuberías tendrán que ser diseñadas para soportar numerosas cargas; tales como: presión interna, presión externa, peso propio de la tubería, peso del agua, acciones por los cambios de velocidad, fuerzas por gradientes térmicos, sollicitaciones relacionadas con los apoyos, fuerzas sísmicas.

2.10.2 Conducciones con Superficie Libre: El flujo ocurre en canales abiertos. Existen dos tipos:

- a) Conducciones para uso de aprovechamiento: el agua es conducida para ser utilizadas con posterioridad. Por ejemplo: abastecimiento urbano, riego, hidroelectricidad.
- b) Conducciones para uso de protección: el transporte de agua se efectúa para evacuarlas y evitar daños. Por ejemplo: drenaje, control de inundaciones.

De acuerdo al material empleado en su construcción, existen dos casos:

- a) Canales no erosionables: son también conocidos como canales de revestimiento duro o simplemente revestidos. Pueden ser construidos de concreto (armado y sin armar), concreto prefabricado, mampostería (ladrillos y similares), de piedra colocada, entre otros. En Venezuela, cuando el destino del canal es abastecer a una población o una planta hidroeléctrica, se ha planteado que el revestimiento del mismo, debe ser con concreto para evitar pérdidas de agua; y para sistemas de riego, además del revestimiento de concreto, es frecuente la utilización de mantos geotextiles.

- b) Canales erosionables: son aquellos canales en donde el contorno del mismo puede ser modificado por la acción del agua, si no se le impide. Pueden clasificarse en tres tipos: canales de suelo desnudo, canales protegidos con vegetación y canales protegidos con rocas.

Existen numerosas formas geométricas utilizadas para la construcción de los canales con flujo a superficie libre, en donde los más usuales son:

- a) Trapeciales: son las más utilizadas, aunque no tienen la misma eficiencia hidráulica de otras secciones, es la que mejor se adapta a las condiciones del suelo, por lo que las hace más económicas.
- b) Rectangulares: estas garantizan un flujo más uniforme y son utilizados mayormente en canales cerrados o subterráneos, como drenajes y cloacas.
- c) Circulares: son de uso extendido en drenajes y cloacas, tanto por razones hidráulicas como estructurales, pero principalmente por su facilidad de fabricación.
- d) Formas diversas: estas dependen de las condiciones del ambiente donde se esté construyendo el canal, pero pueden existir varias formas (parabólicas, ovoidales, triangulares, entre otras).
- e) Mixtas: es una combinación de formas geométricas y es empleada para poder aprovechar las ventajas de cada una de ellas.

2.11 Riego

El riego, es un método artificial, en el cual se le suministra agua al suelo, con el fin de satisfacer las demandas hídricas de los cultivos. Existen numerosos métodos para realizar un riego efectivo. Entre ellos tenemos:

- **Superficial:** consiste en la aplicación del agua desde una reguera o acequia de cabecera con un gasto que supera la capacidad de infiltración del área de la parcela.
- **Aspersión:** se aplica el agua en forma de gotas de lluvia a una intensidad inferior a la capacidad de infiltración del suelo. Este se adapta a una gran diversidad de cultivos, suelos y condiciones topográficas.
- **Goteo:** es método muy efectivo, ya que se le suministra a la planta la cantidad de agua que necesite cada día, con la aplicación frecuente de pequeñas cantidades a través de emisores que son localizados en sitios cercanos a la zona radicular de la misma.
- **Subsuperficial:** se ubica el nivel freático a 30 ó 50 cm de la superficie del terreno, y por ascenso capilar se logra un suministro continuo de agua al sistema radicular de las plantas. Se aplica solo si el nivel freático natural es alto.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo, se encuentra definido el procedimiento seguido para la elaboración de este Trabajo Especial de Grado, con el fin de poder cumplir los objetivos planteados. Dicho procedimiento se divide en varias etapas, las cuales se explicarán a continuación.

3.1 Tipo de Investigación

Este trabajo corresponde a una propuesta de un modelo operativo viable con el fin de solucionar una necesidad de un grupo social detectada en el área de estudio. Según el “Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales” de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, se trata de un Proyecto Factible, ya que tiene un propósito de utilización inmediata.

En este caso, se plantea el aprovechamiento del agua proveniente de las quebradas del Parque Nacional Waraira Repano, para su utilización en riego de los parques recreacionales ubicados aguas abajo, en los Municipios Chaco y Sucre, pertenecientes al Estado Miranda.

3.2 Enfoque de la Investigación

El enfoque de este estudio corresponde al tipo cuantitativo, de manera de utilizar la recolección de datos para probar una hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, y así establecer patrones de comportamiento y probar la teoría anticipada.

3.3 Diseño de la Investigación

Esta investigación es de tipo “No Experimental”, es decir sin manipulación de las variables, las cuales ya han ocurrido, en donde el investigador no tiene control directo sobre ellas. En este tipo de diseño, se observan los fenómenos tal como se dan para luego ser analizados.

3.4 Área de Estudio

El estudio se realizó en las quebradas Chacaíto, Los Chorros y Tacamahaca de la vertiente Sur del Parque Nacional Waraira Repano, entre los municipios Chacao y Sucre del Estado Miranda. Dichas quebradas fluyen en dirección Norte-Sur hasta desembocar en el margen Norte del Río Guaire.

3.5 Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos

La recolección de datos comienza con el proceso de recopilación de información y de las técnicas necesarias para su análisis.

Fue realizada una revisión y selección de documentos de información especializada, como datos sobre las precipitaciones en las quebradas a estudiar, técnicas de captación, conducción y almacenamiento de agua, e información de los parques más cercanos para su riego.

3.6 Técnicas para el Análisis de la Información

Para que esta investigación se llevara a cabo, fue necesaria la utilización de determinados métodos:

- C.O. Clark: se utiliza para la determinación de caudales de las quebradas estudiadas.
- Weibull: calcula el Tiempo de Retorno para datos de Intensidades de lluvias máximas en un período determinado.
- Gumbel: con la hoja de probabilidades, se calcula la intensidad para un Tiempo de Retorno planteado.
- Método de Muskingum: a través de un hidrograma de entrada permite determinar el hidrograma de salida.

Estos serán explicados con mayor detalle en el Capítulo V.

CAPÍTULO IV

EL ÁVILA Y SUS QUEBRADAS

El Parque Nacional Waraira Repano o también conocido como El Ávila, está localizado en el tramo central de la Cordillera de La Costa. En el año 1958 fue declarado Parque Nacional con una superficie de 66.192 hectáreas. Posteriormente, este decreto fue modificado en 1974, donde se planteó que la totalidad de su superficie sería de 85.192 hectáreas que conforman el parque actualmente.

Está limitado al Este con las poblaciones de Chuspa y Barlovento y al Oeste con el Norte de Caracas y el pueblo costero de Catia La Mar. Las principales elevaciones están localizadas en el Suroeste del Parque. Esta es la zona más concurrida, ya que se encuentra limitando con la capital. Tiene cuatro picos principales: El Ávila, con 2.250 m de altura, el Pico Occidental con 2.480 m, el Pico Oriental 2.640 m y finalmente el Pico Naiguatá, que con sus 2.765 m de altura, es el punto más alto del parque.

El Ávila posee un clima lluvioso cálido, con una temperatura que oscila entre los 15 y 29°C. Tiene una alta diversidad de fauna y de flora. En cuanto a la fauna, se puede decir que se han registrado aproximadamente 120 especies de mamíferos, 20 de anfibios, 30 de reptiles y 500 de aves. En donde se puede resaltar que las aves representan el 36% de la avifauna de Venezuela y 9 de estas especies son endémicas para el país. En cuanto a la flora, se observan más de 1.800 especies vegetales. Varias especies de plantas son endémicas de la Cordillera de la Costa y algunas incluso son endémicas del Parque Nacional Waraira Repano.

En el parque nacen numerosas quebradas y riachuelos como Chacaíto, Pajaritos, Sebucán, Torres, Los Chorros, La Julia, Galindo, Caurimare, Auyamita, Encantada, Tacamahaca, entre otras. Los de la Vertiente Norte drenan hacia la cuenca del Mar Caribe aportando sus caudales

a poblaciones como La Guaira, Naiguatá, Los Caracas. Mientras que los de la Vertiente Sur drenan a la cuenca del río Tuy y aportan agua a las ciudades de Caracas, Guatire, Guarenas y otras poblaciones intermedias.

Este trabajo está enfocado en las quebradas que drenan hacia la Vertiente Sur del Parque Nacional El Ávila, específicamente se trabajará con las quebradas Chacaíto, Los Chorros (Río Tócome) y Tacamahaca.

4.1 Quebrada Chacaíto

Es una corriente natural de agua que fluye en la vertiente Sur del Parque Nacional Waraira Repano, entre los límites de los Municipios Libertador del Distrito Capital y Chacao del Estado Miranda.

Drenando sus aguas en sentido Norte-Sur hacia la Ciudad de Caracas, la Quebrada Chacaíto, cruza la Avenida Boyacá, también conocida como Cota Mil, atravesando las Urbanizaciones Country Club, Chapellín, El Bosque y Chacaíto, luego cruza las Avenidas Libertador, Francisco Solano y Casanova, para culminar su trayectoria desembocando en el Río Guaire a la altura de Bello Monte.

El área de la cuenca de la Quebrada Chacaíto, desde sus nacientes hasta la cota mil, es de 6,5 km², su cauce tiene una longitud de 4,4 km aproximadamente y posee una pendiente de 16%. Se extiende desde la Fila del Ávila a 2.300 m.s.n.m., hasta el Río Guaire en la Ciudad de Caracas, ubicado a 860 m.s.n.m.

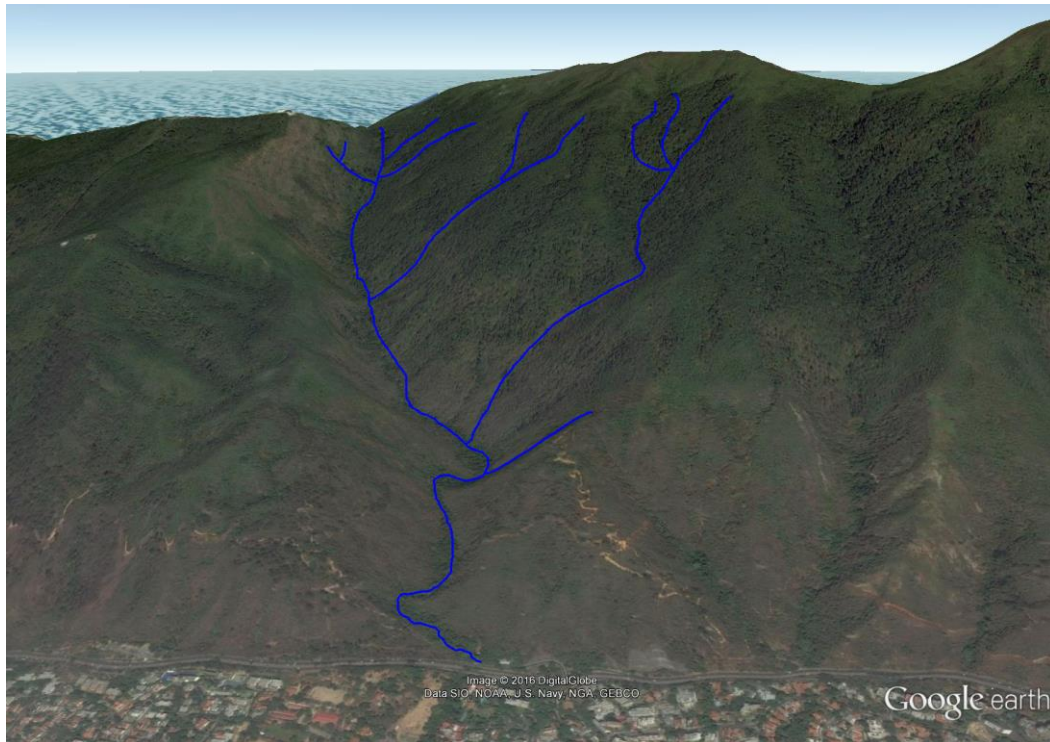


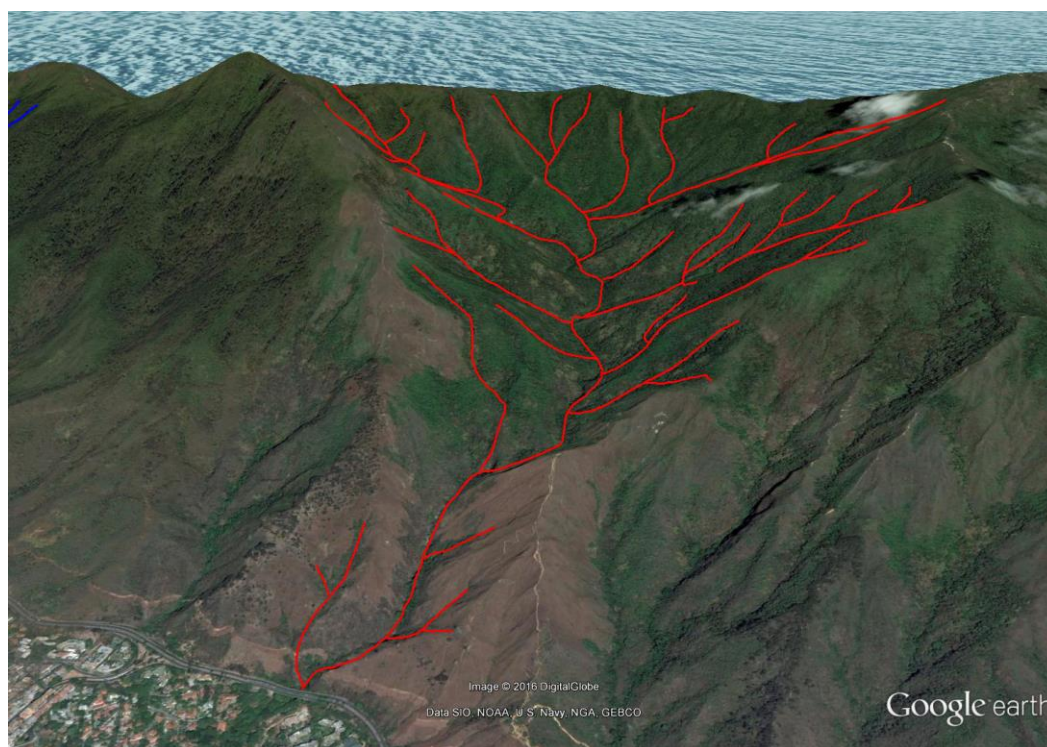
Figura 4.1 Trazado Quebrada Chacaíto
(Fuente: Propia, 2016. Google Earth)

4.2 Quebrada Los Chorros (Río Tócome)

Conocido también como Quebrada Los Chorros, es un curso de agua que escurre por el sector Este de la ciudad de Caracas ubicado en la vertiente Sur de la Serranía El Ávila, en el Municipio Sucre del Estado Miranda.

La Quebrada Los Chorros drena sus caudales en sentido Norte-Sur hacia Caracas, de igual forma que la quebrada explicada anteriormente. Cruza la Avenida Boyacá hasta llegar al Parque Los Chorros, atraviesa Urbanizaciones como Los Chorros y Montecristo para interceptar la Avenida Francisco de Miranda y la Autopista Francisco Fajardo, desembocando sus aguas en el Río Guaire, frente a los depósitos de Aerocav en la avenida Río de Janeiro.

El área de la cuenca de la Quebrada Los Chorros, desde sus nacientes hasta la cota mil, es de 9,8 km², con una longitud de 5,8 km aproximadamente y con una pendiente de 18%. Esta quebrada inicia en el Ávila con una altura de 2200 m.s.n.m. y finaliza en el Río Guaire con una cota de 900 m.s.n.m.



**Figura 4.2 Trazado Quebrada Los Chorros
(Fuente: Propia, 2016. Google Earth)**

4.3 Quebrada Tacamahaca

La Quebrada Tacamahaca, es un cuerpo de agua que al igual que las dos quebradas anteriores, se encuentra ubicada en la vertiente Sur del Parque Nacional Waraira Repano, en el Municipio Sucre del Estado Miranda.

Es un afluente del Río Guarenas, donde sus caudales parten desde las alturas de la serranía El Ávila, cruzando la Carretera Vieja Petare-Guarenas y la Autopista Petare-Guarenas, y atraviesa Urbanizaciones como Caucaguita y Altos de Parque Caiza.

La cuenca de la Quebrada Tacamahaca, desde sus nacientes hasta la cota mil, tiene un área de 8,9 km², con una longitud de 5,3 km aproximadamente y con una pendiente de 11%. Como se dijo anteriormente, nace en el Waraira Repano, a los 2000 m.s.n.m. y culmina su trayectoria a los 700 m.s.n.m.



**Figura 4.3 Trazado Quebrada Tacamahaca
(Fuente: Propia, 2016. Google Earth)**

CAPÍTULO V

MÉTODO C.O. CLARK

El quinto capítulo está dedicado únicamente a explicar y entender el método C.O. Clark, siendo éste el medio con el que se logró calcular los caudales de las quebradas nombradas en el capítulo anterior.

Los profesionales de la Hidrología, reconocen que este método no es ni el único, ni el más efectivo. Lo ideal, sería obtener los valores mediante los registros fluviométricos y pluviométricos de la zona con la que se está trabajando pero, lamentablemente en Venezuela, pocos ríos cuentan con estos registros, por lo que se concluye que el método de C.O. Clark es el que mejor se adapta a las condiciones de este trabajo.

El primer paso es conocer el concepto de Hidrograma, el cual se define como: Gráfica que representa la variación de las descargas de una corriente con respecto al tiempo, en una sección determinada de la zona a tratar. Cabe acotar que cuando las ordenadas están expresadas en términos de gasto, el área bajo la curva del hidrograma representa un volumen.

La forma de un hidrograma cualquiera depende de: magnitud de precipitación, duración de la tormenta, área de la cuenca, forma de la cuenca y capacidad de almacenaje (Características de la Cuenca).

Para aplicar el Método de C.O. Clark, se debe seguir una serie de pasos, que se presenta a continuación:

5.1 Trazado de Líneas Isócronas

Las Líneas Isócronas, son líneas imaginarias que unen puntos que tienen igual tiempo de viaje en un cauce determinado. Se utilizan para dividir la cuenca en sub cuencas de menor tamaño, de manera que los cálculos sean más precisos. Las líneas isócronas van a estar separadas una distancia que representa una fracción del Tiempo de Concentración (T_c) de la cuenca que se está estudiando.

Supongamos que una gota de agua cae en el punto “1” representado en la figura a continuación. Dicha gota va a tener el mismo tiempo de viaje desde el punto “1”, hasta el punto “2”, el punto “3” y todos los puntos que se encuentren sobre la línea que separa el Área “A” del Área “B”.

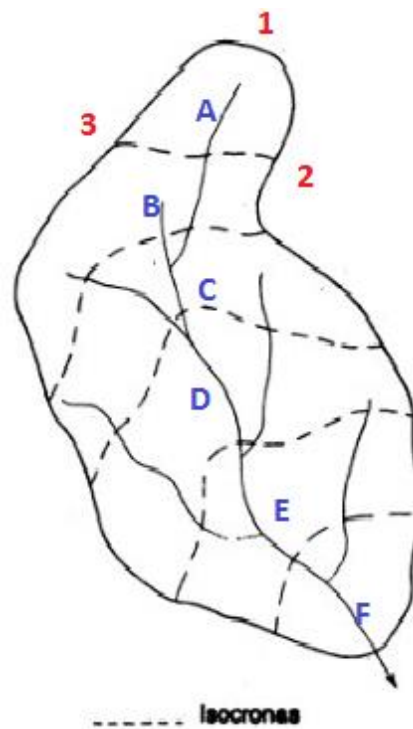


Figura 5.1 Trazado de Isócronas
(Fuente: Propia)

Para conocer el número de líneas a trazar, se debe conocer el Tiempo de Concentración, aplicando la fórmula:

$$T_c = 0,0195 * \left(\frac{L^3}{h} \right)^{0,385}$$

Donde,

- L = Longitud máxima del cauce principal (En metros).
- h = Desnivel máximo del cauce principal (En metros).
- Tc = Tiempo de concentración (En minutos).

El Tiempo de Concentración (Tc), es el tiempo que tarda una gota de agua en recorrer la cuenca desde el sitio más lejano, hasta el punto en estudio. Una vez obtenido este valor, se procede a trazar las líneas isócronas, calculadas de la siguiente manera:

$$d = V * t$$

Donde,

- V = Velocidad del caudal (En este caso se supone un valor de 2,5 m/s para cauces naturales).
- t = Tiempo entre isócronas (Se obtiene dividiendo el Tc de la cuenca entre el número de sub cuencas deseadas, en minutos).
- d = Distancia entre isócronas (En metros).

Obtenido el valor de la distancia, se trazan las Líneas Isócronas, que dividen la cuenca total en varias sub cuencas, como se explicó anteriormente y se procede a calcular el área de cada una de ellas, con el propósito de obtener el diagrama Área-Tiempo.

5.2 Determinación de las Precipitaciones

Se debe verificar que los valores de intensidades registrados por la estación en un período determinado, estén por debajo de los valores máximos de la curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF). Para ello se deben seguir los siguientes pasos:

- ✓ Se selecciona el mes con mayor intensidad registrada para cada año.
- ✓ Se posicionan de mayor a menor, enumerándolos con números ordinales.
- ✓ Se calcula el Tiempo de Retorno (T_r) para cada año. Aplicando el método de Weibull:

$$T_r = \frac{n + 1}{m}$$

Donde,

- T_r = Tiempo de Retorno.
 - n = Total de años registrados.
 - m = Número ordinal correspondiente del año.
-
- ✓ Utilizando los valores de intensidades y T_r obtenidos con las fórmulas de Weibull, se calcula la intensidad para el T_r seleccionado en el proyecto, con la hoja de probabilidades de Gumbel. Se verifica que las intensidades estén por debajo de los valores admisibles en la gráfica de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) a utilizar, dependiendo ésta de la región y las elevaciones en donde esté ubicada la cuenca en estudio.

- ✓ Se calculan los valores de Intensidades para cada intervalo de Duración en la misma curva IDF.
- ✓ Se calcula la Precipitación para cada Duración, con la fórmula:

$$P = I * D$$

Donde,

- P = Precipitación puntual (En mm).
- I = Intensidad (Calculada anteriormente, en mm/hr).
- D = Duración (Tiempo, en hr).

- ✓ Se obtiene la Precipitación Efectiva (Pe), la cual será el valor real de lluvia con la que se realizarán los cálculos:

$$Pe = P * \alpha * \beta$$

Donde,

- P = Precipitación Puntual (Calculada anteriormente, en mm).
- α = Pérdidas generadas por infiltraciones y retenciones por la vegetación.
- β = Pérdidas generadas por tormentas tropicales de la zona.

- ✓ Una vez obtenidos los valores del paso anterior, se procede a realizar el Hietograma donde se grafica Precipitación Efectiva vs Tiempo.

5.3 Cálculo del Caudal de Salida

Luego de dividir la cuenca, se calcula el caudal de salida sin incluir algún retardo, en donde dicho caudal será igual al de entrada.

Para realizar este paso, es necesario tener los valores de las Áreas, previamente calculadas y de las Precipitaciones.

Se multiplicarán las Áreas de las sub cuencas por las Lluvias, de manera tal que se incluyan las precipitaciones que logran salir de la cuenca en el tiempo determinado, como se muestra a continuación:

Precipitación (mm)	Área (Km ²)
P1	A1
P2	A2
P3	A3
P4	A4

Tabla 5.1 Precipitación - Área

ΔT (min)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
	A1*P1	A1*P2	A1*P3	A1*P4			
		A2*P1	A2*P2	A2*P3	A2*P4		
			A3*P1	A3*P2	A3*P3	A3*P4	
				A4*P1	A4*P2	A4*P3	A4*P4
Volumen (m ³)	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ

Tabla 5.2 Cálculo del Volumen

En las tablas,

- ΔT = Tiempo entre isócronas.
- A = Áreas de las sub cuencas.
- P = Precipitaciones en su respectivo tiempo.
- Σ = Sumatoria vertical de las multiplicaciones.

Se puede observar que el resultado de la sumatoria será un volumen (m^3). Se tendrá que dividir entre ΔT (seg) para llevarlo a unidades de caudal (m^3/seg).

5.4 Aplicación del Método de Muskingum

Obtenidos los caudales, se aplicará el método de Muskingum. Éste se basa en el principio de que una onda de crecida que se desplaza por un río se amortigua a causa de la fricción del fondo y de los márgenes, así como por los almacenamientos naturales en el lecho de inundación.

Se utiliza el siguiente conjunto de fórmulas:

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

$$C_0 = - \left(\frac{KX - 0,5\Delta t}{K - KX + 0,5\Delta t} \right)$$

$$C_1 = \frac{KX + 0,5\Delta t}{K - KX + 0,5\Delta t}$$

$$C_2 = \frac{K - KX - 0,5\Delta t}{K - KX + 0,5\Delta t}$$

$$C_0 + C_1 + C_2 = 1$$

Donde,

- O_1 : Caudal de salida al inicio del intervalo Δt .
- O_2 : Caudal de salida al final del intervalo Δt .
- I_1 : Caudal de entrada al inicio del intervalo Δt .
- I_2 : Caudal de entrada al final del intervalo Δt .
- C_0, C_1 y C_2 : Coeficientes de tránsito.

Se completa la siguiente tabla:

t (min)	Entrada (In)			Salida (Out)	
	Q (m ³ /seg)	$C_0 I_2$	$C_1 I_1$	$C_2 O_1$	O_2
0	0	0	0	0	0
10	X	$C_0 * X$	$C_1 * 0$	$C_2 * 0$	Σ_1
20	Y	$C_0 * Y$	$C_1 * X$	$C_2 * \Sigma_1$	Σ_2
30	Z	$C_0 * Z$	$C_1 * Y$	$C_2 * \Sigma_2$	Σ_3
40	W	$C_0 * W$	$C_1 * Z$	$C_2 * \Sigma_3$	Σ_4

Tabla 5.3 Aplicación de Muskingum

Los resultados obtenidos anteriormente ($\Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_3, \Sigma_4$), son los caudales en la salida de cada uno de los ΔT , incluyendo el retraso que afecta al río.

5.5 Hidrograma de Caudal vs Tiempo

Con los caudales obtenidos, se procede a construir una gráfica, conformada en el eje de las ordenadas por los Caudales y en el eje de las abscisas por el Tiempo.

Una vez obtenidos los hidrogramas, se calculará el Volumen total de salida, que será igual al área bajo la curva.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo, se presentarán los resultados obtenidos, así como el análisis de los mismos. En donde se explicarán con detalle todos los datos, gráficas y valores utilizados para la realización de este trabajo.

En los capítulos anteriores, se han nombrado las quebradas con las que se trabajó en este proyecto: Chacaíto, Los Chorros y Tacamahaca; todas ubicadas en la serranía El Ávila.

Para el diseño de cualquier tipo de obra hidráulica que se quiera instalar en una zona determinada, se deben conocer los caudales aprovechables y los volúmenes con los que se trabajará, siendo necesario su cálculo.

Para la determinación de los mismos, es necesario contar con las Áreas y las Precipitaciones de la zona en estudio. A continuación se explicará paso a paso la manera en la cual se obtuvo dicha información:

6.1 Determinación de las Precipitaciones

Los valores de las precipitaciones, son datos que deberían ser facilitados por los institutos especializados. Como se dijo anteriormente, una de las mayores limitaciones de este Trabajo Especial de Grado, fue la falta de información pluviométrica actualizada.

Al no tener estos valores, se procedió a trabajar con datos históricos de intensidades. En el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH), se logró conseguir datos de Intensidades para Lluvias Máximas de 30 min en la Estación Caracas-La Salle (datos históricos).

Estación Caracas - La Salle													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo
1977	0	1,2	1	0,4	14,4	-	14	25,4	10,4	12,2	31,2	2,2	31,2
1978	1,6	-	1,4	23	33,8	15,6	8	19	5,2	-	7,4	3,8	33,8
1979	0,6	0	0,6	11	13	9,4	6,6	11,4	31	28,8	7,6	12,6	31
1980	0,4	1,4	-	12,4	8,2	13	13,8	21	33	18,4	7,8	16,8	33
1981	6	-	1,6	27	16,6	12	-	13,2	43	36,6	14	5,8	43
1982	4	1,6	6,8	3,6	17,4	23	6,8	7,2	26,4	-	-	3	26,4

Tabla 6.1 Intensidades para Lluvias Máximas de 30 minutos
(Fuente: INAMEH)

La selección del Período de Retorno depende de varios factores, entre los cuales se incluyen el tamaño de la cuenca, la importancia de la estructura y el grado de seguridad. De acuerdo a la magnitud de este proyecto, se seleccionó un Tiempo de Retorno de 10 años, en donde existe la probabilidad de que se repita esta tormenta al menos una vez en este período.

Como se explicó en el capítulo V, se debe verificar que las lluvias utilizadas de la Estación Caracas-La Salle, estén por debajo de las curvas envolventes Intensidad-Duración-Frecuencia para un Tiempo de Retorno de 10 años. Esto se realizó de la siguiente manera:

- ✓ De los valores facilitados por el INAMEH, se seleccionan los mayores meses de cada año. Estos deben ser duplicados, por ajustes de unidades, ya que los facilitados, son para 30 min y se busca para 1 hora.

- ✓ Se posicionan de mayor a menor, enumerándolos con números ordinales, siendo el mayor igual a “1” y el menor igual a “6”.

Posición	Intensidad (mm/hr)
1	86
2	67,6
3	66
4	62,4
5	62
6	52,8

Tabla 6.2 Organización de Intensidades

- ✓ Aplicando Weibull, se calcula el Tr de cada uno de los años.

Intensidad (mm/hr)	Posición	Tr
86	1	7,00
67,6	2	3,50
66	3	2,33
62,4	4	1,75
62	5	1,40
52,8	6	1,17

Tabla 6.3 Cálculo del Tiempo de Retorno con Weibull

Se grafican los valores de Intensidades y el Tr de cada año obtenido anteriormente con la fórmula de Weibull en la hoja de probabilidades de Gumbel, se traza una línea de tendencia en la curva obtenida y se verifica que el valor de Intensidad arrojado para el Tr de 10 años, esté por debajo del máximo valor de las gráficas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) Región VI, para zonas del Litoral Central, con elevaciones mayores a 200 m.s.n.m.

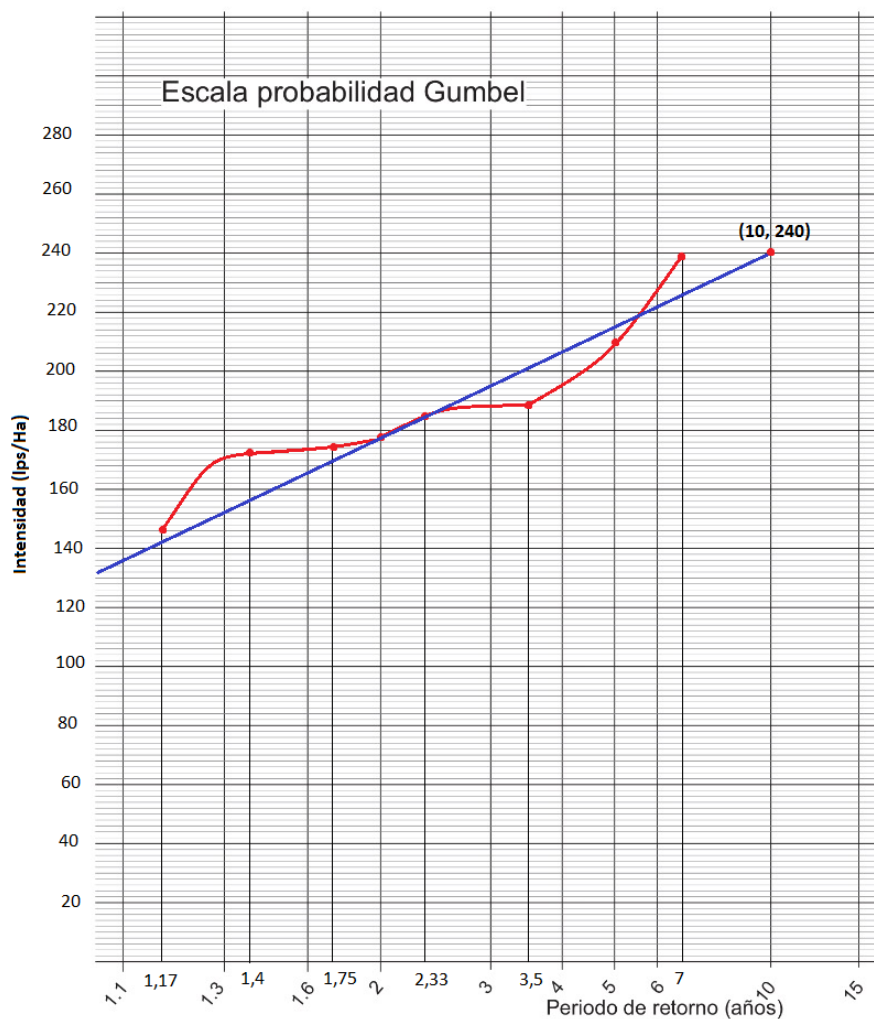


Gráfico 6.1 Gráfico de Probabilidad de Gumbel

(Fuente: Propia)

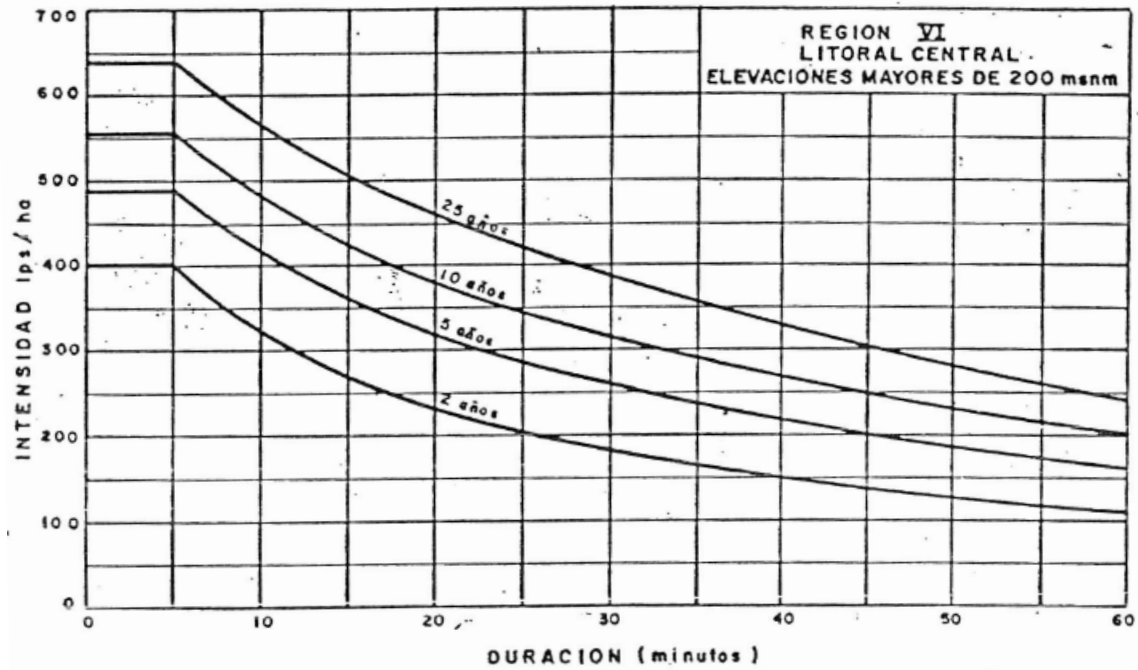


Gráfico 6.2 Curva Intensidad-Duración-Frecuencia

(Fuente: Franceschi, 1984. Drenaje Vial)

- ✓ Se calculan los valores de Intensidades máximas para cada intervalo de duración de la misma curva IDF.

IDF (Tr = 10 años)	
Duración (min)	Intensidad (lps/ha)
0	550
5	550
10	480
15	425
20	380
25	350
30	310

Tabla 6.4 Intensidades Máximas de la Curva IDF

- ✓ Se calcula la precipitación efectiva para cada duración, con las fórmulas mostradas. En donde se debe recalcar que existen pérdidas que se generan por infiltraciones y retenciones por la vegetación, en donde se supuso una pérdida del 60%. De igual forma se supuso una pérdida del 5% por las características de las tormentas tropicales de la zona.

Precipitación Puntual Acumulada (mm)	Precipitación Puntual Incremental (mm)	Precipitación Efectiva Incremental (mm)
0	0	0,00
16,5	16,5	6,20
28,8	12,3	4,62
38,25	9,45	3,55
45,6	7,35	2,76
52,5	6,9	2,59
55,8	3,3	1,24

Tabla 6.5 Cálculo de Precipitación Efectiva

- ✓ Con los datos calculados, se procede a realizar el Hietograma donde se observa la Precipitación Efectiva vs Tiempo.

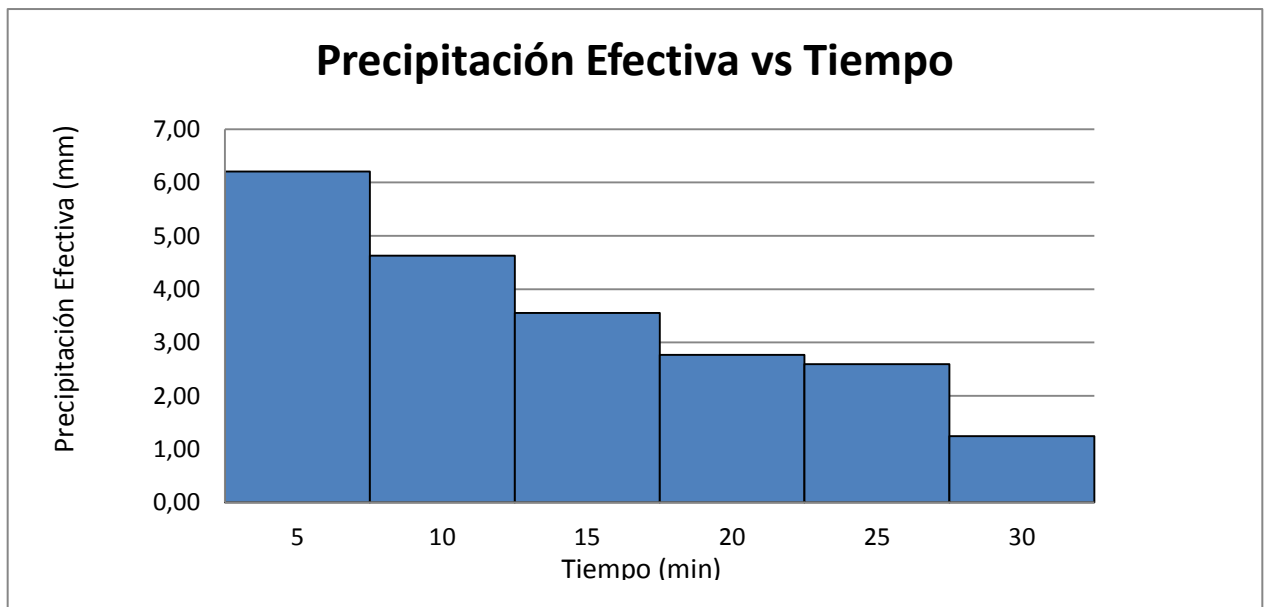


Gráfico 6.3 Precipitación Efectiva vs Tiempo

Se debe resaltar que estos valores de lluvia fueron utilizados para todas las quebradas en estudio, debido a que la información pluviométrica facilitada por los institutos fue bastante escasa.

6.2 Cálculos de las Áreas

Para la obtención de estos valores, se realizaron dos procedimientos:

- **Mapas Cartográficos:** es necesario poseer los mapas de las zonas en donde están ubicadas las cuencas con las que se está trabajando. Dichos planos fueron facilitados por el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB), con los siguientes nombres: 6847-IV-SE (Los Chorros), 6847-I-SO (Curupao), 6847-II-NO (Mampote) (Ver Anexos A1, A2, A3). En donde se delimitó de manera manual, el área mediante la divisoria o parte agua, uniendo los picos alrededor de cada una de las quebradas en estudio. Una vez obtenidos los dibujos de las áreas de las cuencas, se utilizó la Grilla, para calcular el valor en km², mediante las conversiones necesarias.
- **Google Earth:** para verificar que los cálculos realizados en el paso anterior eran correctos, se utilizó el programa “Google Earth”, en donde se pudo observar el Parque Nacional con sus depresiones. Se deben trazar las quebradas, ubicando el valle en cada una de ellas, para luego dibujar (en digital) las áreas de las mismas cuencas, al igual que en el paso anterior. Con estas cuencas ya delimitadas, se utilizó la página de internet “Free Map Tools” (Ver Anexo A4), en el que se calcularon los valores de las áreas para cada quebrada.

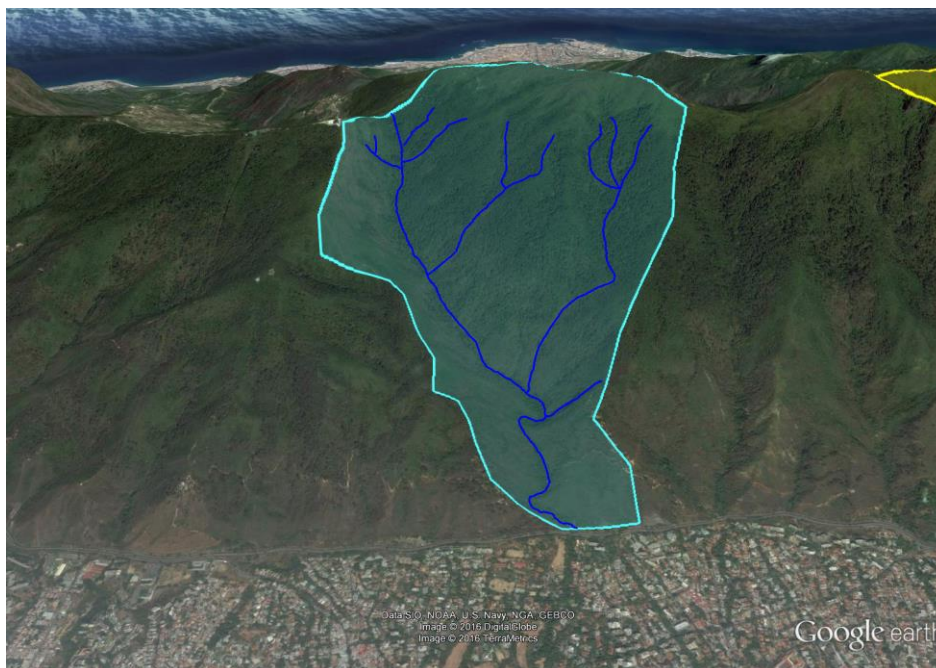


Figura 6.1 Cuenca de la Quebrada Chacaíto
(Fuente: Propia, 2016. Google Earth)

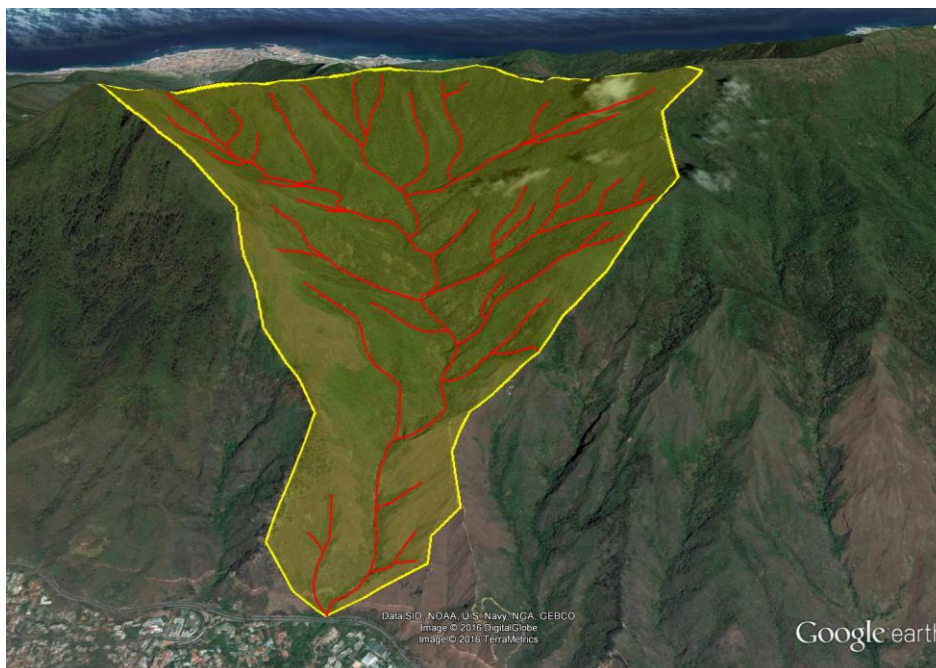
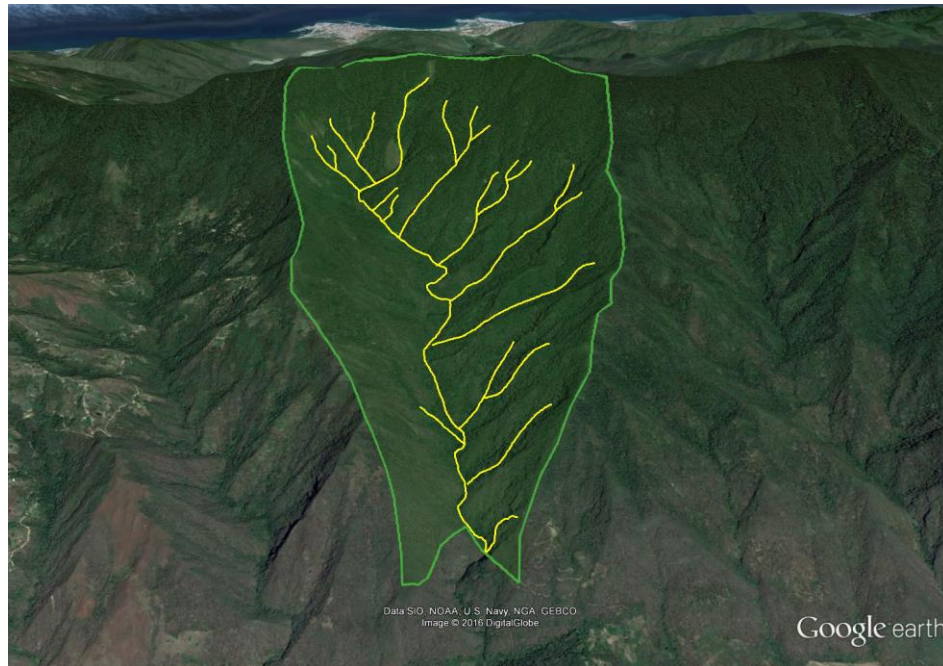


Figura 6.2 Cuenca de la Quebrada Los Chorros
(Fuente: Propia, 2016. Google Earth)

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALMACENAJE DE AGUA, UTILIZANDO LAS QUEBRADAS DEL ÁVILA A FINES DE USO DE RIEGO



**Figura 6.3 Cuenca de la Quebrada Tacamahaca
(Fuente: Propia, 2016. Google Earth)**

Se concluye que los resultados obtenidos fueron verídicos; los dos procedimientos realizados arrojaron valores muy cercanos.

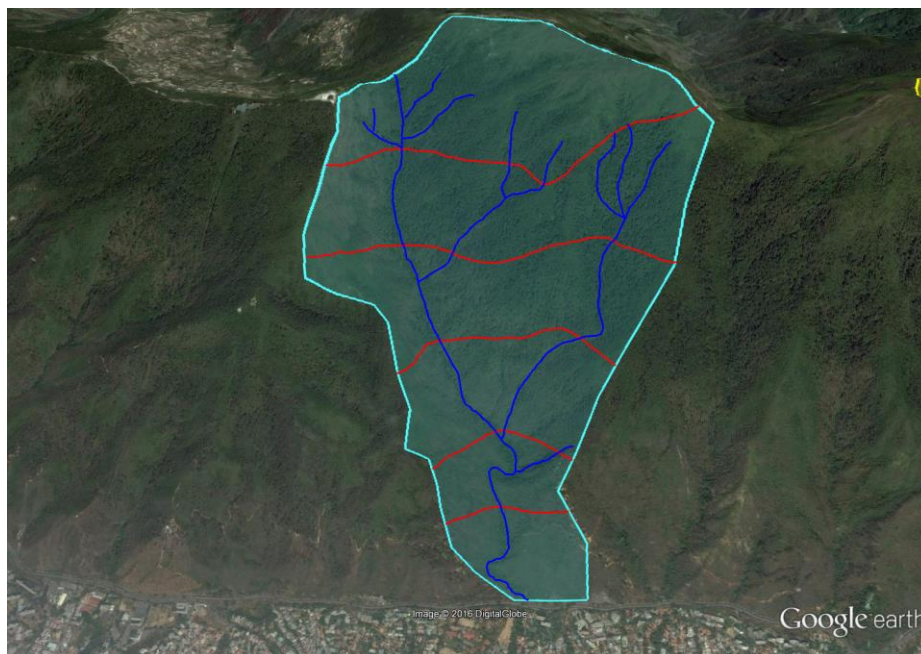
6.3 Trazado de Líneas Isócronas

Con las áreas totales, se procede a trazar las Líneas Isócronas, las cuales están relacionadas directamente con el Tiempo de Concentración (T_c) de cada cuenca.

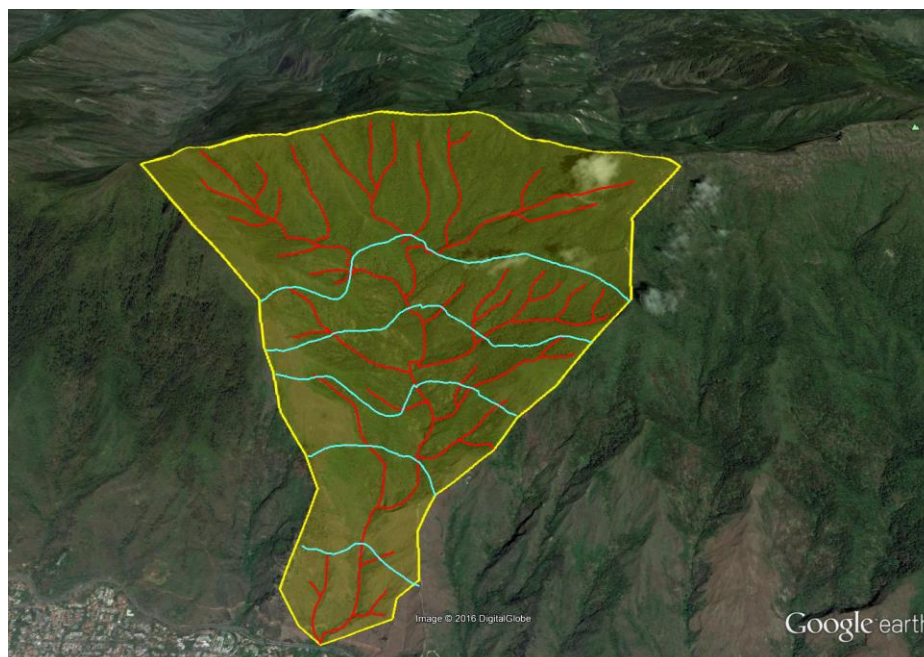
El Tiempo de Viaje de cada Isócrona, será el Tiempo de Concentración total entre el número de sub cuencas totales. Conocida la Velocidad y el Tiempo, se calcula la distancia entre isócronas para cada quebrada.

Quebrada	Tiempo de Concentración (min)	Velocidad (m/seg)	Tiempo (seg)	Distancia (m)
Chacaíto	25	2,5	300	750
Los Chorros	30	2,5	300	750
Tacamahaca	35	2,5	360	900

Tabla 6.6 Cálculo de la Distancia entre Isócronas

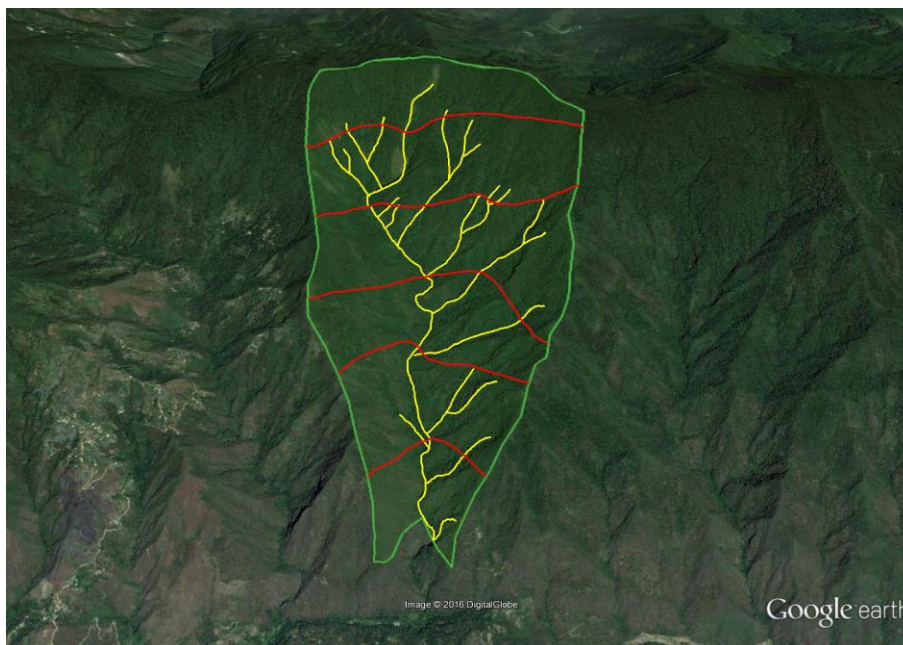


**Figura 6.4 Isócronas de la Quebrada Chacaíto
(Fuente: Propia, 2016. Google Earth)**



**Figura 6.5 Isócronas de la Quebrada Los Chorros
(Fuente: Propia, 2016. Google Earth)**

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALMACENAJE DE AGUA, UTILIZANDO LAS QUEBRADAS DEL ÁVILA A FINES DE USO DE RIEGO



**Figura 6.6 Isócronas de la Quebrada Tacamahaca
(Fuente: Propia, 2016. Google Earth)**

Posteriormente se calculó el área de cada sub cuenca, con ayuda de la página nombrada Free Map Tools.

	Chacaíto	Los Chorros	Tacamahaca
Área (Posición)	Área (Km²)	Área (Km²)	Área (Km²)
1	0,345	0,453	0,583
2	0,356	0,661	1,224
3	0,855	0,866	1,464
4	1,249	1,208	2,176
5	1,707	1,687	1,993
6	1,981	4,963	1,459
Total	6,5	9,8	8,9

Tabla 6.7 Áreas de las Sub Cuencas (Isócronas)

6.4 Cálculo del Caudal de Salida

Con las Precipitaciones y las Áreas ya calculadas, se procede a determinar los caudales, multiplicando las Áreas de las sub cuencas por las Lluvias respectivas.

Cabe destacar que la selección de las cotas a trabajar en esta tesis, depende de la morfología del cauce de cada quebrada, es decir, el estudio se realizó en cotas donde se logró aprovechar un caudal representativo.

Chacaíto (1170 m.s.n.m.)

Área x Lluvia									
ΔT (min)	5	10	15	20	25	30	35	40	45
	5304,42	3954,20	3037,99	2362,88	2218,21	1060,88			
		7748,80	5776,38	4437,95	3451,74	3240,41	1549,76		
			10590,23	7894,53	6065,31	4717,47	4428,64	2118,05	
				12290,12	9161,73	7038,89	5474,69	5139,51	2458,02
Σ (m ³)	5304,42	11703,00	19404,59	26985,48	20896,99	16057,64	11453,09	7257,55	2458,02

Tabla 6.8 Cálculo del Volumen para Chacaíto

Cálculo del Caudal									
Σ (m ³)	5304,42	11703,00	19404,59	26985,48	20896,99	16057,64	11453,09	7257,55	2458,02
Q (m ³ /seg)	17,68	39,01	64,68	89,95	69,66	53,53	38,18	24,19	8,19

Tabla 6.9 Cálculo del Caudal para Chacaíto.

Los Chorros (1380 m.s.n.m.)

Área x Precipitación									
ΔT (min)	5	10	15	20	25	30	35	40	45
	5372,66	4005,08	3077,07	2393,28	2246,75	1074,53			
		7494,43	5586,76	4292,27	3338,43	3134,04	1498,89		
			10466,15	7802,04	5994,25	4662,19	4376,75	2093,23	
				30790,45	22952,88	17634,53	13715,75	12876,01	6158,09
Σ (m ³)	5372,66	11499,51	19129,98	45278,03	34532,31	26505,29	19591,39	14969,24	6158,09

Tabla 6.10 Cálculo del Volumen para Los Chorros

Cálculo del Caudal									
Σ (m ³)	5372,66	11499,51	19129,98	45278,03	34532,31	26505,29	19591,39	14969,24	6158,09
Q (m ³ /seg)	17,91	38,33	63,77	150,93	115,11	88,35	65,30	49,90	20,53

Tabla 6.11 Cálculo del Caudal para Los Chorros

Tacamahaca (1300 m.s.n.m.)

Área x Precipitación								
ΔT (min)	5	10	15	20	25	30	35	40
	13499,90	10063,56	7731,76	6013,59	5645,41	2699,98		
		12364,57	9217,23	7081,53	5507,85	5170,64	2472,91	
			9051,64	6747,58	5184,12	4032,09	3785,23	1810,33
Σ (m ³)	13499,90	22428,14	26000,63	19842,70	16337,39	11902,71	6258,14	1810,33

Tabla 6.12 Cálculo del Volumen para Tacamahaca

Cálculo del Caudal								
Σ (m ³)	13499,90	22428,14	26000,63	19842,70	16337,39	11902,71	6258,14	1810,33
Q (m ³ /seg)	45,00	74,76	86,67	66,14	54,46	39,68	20,86	6,03

Tabla 6.13 Cálculo del Caudal para Tacamahaca

6.5 Método de Muskingum

Obtenidos los caudales, se aplicará el método de Muskingum, con las fórmulas indicadas en el último capítulo.

En las tablas, se obtendrán los caudales de salida para cada quebrada en un instante de tiempo.

Chacaíto (1170 m.s.n.m.)

Coeficientes de Muskingum	
ΔT (min)	5
K (min)	20
X	0,12
C_o	0,00
C_1	0,25
C_2	0,75

Tabla 6.14 Coeficientes de Muskingum para Chacaíto

Comprobando:

$$C_o + C_1 + C_2 = 1$$

$$0,00 + 0,25 + 0,75 = 1$$

t (min)	Entrada (In)			Salida (Out)	
	Q (m ³ /seg)	C _o l ₂	C ₁ l ₁	C ₂ O ₁	O ₂
0	0	0	0	0	0
5	17,68	0,09	0	0	0,09
10	39,01	0,19	4,31	0,07	4,57
15	64,68	0,32	9,51	3,43	13,27
20	89,95	0,45	15,77	9,97	26,18
25	69,66	0,35	21,93	19,67	41,94
30	53,53	0,27	16,98	31,51	48,76
35	38,18	0,19	13,05	36,63	49,87
40	24,19	0,12	9,31	37,46	46,89
45	8,19	0,04	5,90	35,23	41,16
50	0	0	2,00	30,92	32,92
55	0	0	0	24,73	24,73
60	0	0	0	18,58	18,58
65	0	0	0	13,96	13,96
70	0	0	0	10,49	10,49
75	0	0	0	7,88	7,88
80	0	0	0	5,92	5,92
85	0	0	0	4,45	4,45
90	0	0	0	3,34	3,34
95	0	0	0	2,51	2,51
100	0	0	0	1,88	1,88
105	0	0	0	1,42	1,42
110	0	0	0	1,06	1,06
115	0	0	0	0,80	0,80
120	0	0	0	0,60	0,60
125	0	0	0	0,45	0,45
130	0	0	0	0,34	0,34
135	0	0	0	0,25	0,25
140	0	0	0	0,19	0,19
145	0	0	0	0,14	0,14
150	0	0	0	0,11	0,11

Tabla 6.15 Aplicación de Muskingum para Chacaíto

Los Chorros (1380 m.s.n.m.)

Coeficientes de Muskingum	
ΔT (min)	5
K (min)	25
X	0,1
C_o	0,00
C_1	0,20
C_2	0,80

Tabla 6.16 Coeficientes de Muskingum para Los Chorros

Comprobando:

$$C_o + C_1 + C_2 = 1$$

$$0,00 + 0,20 + 0,80 = 1$$

t (min)	Entrada (In)			Salida (Out)	
	Q (m ³ /seg)	C _o I ₂	C ₁ I ₁	C ₂ O ₁	O ₂
0	0	0	0	0	0
5	17,91	0,00	0	0	0,00
10	38,33	0,00	3,58	0,00	3,58
15	63,77	0,00	7,67	2,87	10,53
20	150,93	0,00	12,75	8,43	21,18
25	115,11	0,00	30,19	16,94	47,13
30	88,35	0,00	23,02	37,70	60,72
35	65,30	0,00	17,67	48,58	66,25
40	49,90	0,00	13,06	53,00	66,06
45	20,53	0,00	9,98	52,85	62,83
50	0	0	4,11	50,26	54,37
55	0	0	0	43,49	43,49
60	0	0	0	34,80	34,80
65	0	0	0	27,84	27,84
70	0	0	0	22,27	22,27
75	0	0	0	17,82	17,82
80	0	0	0	14,25	14,25
85	0	0	0	11,40	11,40
90	0	0	0	9,12	9,12
95	0	0	0	7,30	7,30
100	0	0	0	5,84	5,84
105	0	0	0	4,67	4,67
110	0	0	0	3,74	3,74
115	0	0	0	2,99	2,99
120	0	0	0	2,39	2,39
125	0	0	0	1,91	1,91
130	0	0	0	1,53	1,53
135	0	0	0	1,22	1,22
140	0	0	0	0,98	0,98
145	0	0	0	0,78	0,78
150	0	0	0	0,63	0,63

Tabla 6.17 Aplicación de Muskingum para Los Chorros

Tacamahaca (1300 m.s.n.m.)

Coeficientes de Muskingum	
ΔT (min)	5
K (min)	25
X	0,1
C_o	0,00
C_1	0,20
C_2	0,80

Tabla 6.18 Coeficientes de Muskingum para Tacamahaca

Comprobando:

$$C_o + C_1 + C_2 = 1$$

$$0,00 + 0,20 + 0,80 = 1$$

t (min)	Entrada (In)			Salida (Out)	
	Q (m ³ /seg)	C _o l ₂	C ₁ l ₁	C ₂ O ₁	O ₂
0	0	0	0	0	0
5	45,00	0,00	0	0	0,00
10	74,76	0,00	9,00	0,00	9,00
15	86,67	0,00	14,95	7,20	22,15
20	66,14	0,00	17,33	17,72	35,06
25	54,46	0,00	13,23	28,04	41,27
30	39,68	0,00	10,89	33,02	43,91
35	20,86	0,00	7,94	35,13	43,06
40	6,03	0,00	4,17	34,45	38,62
45	0	0	1,21	30,90	32,10
50	0	0	0	25,68	25,68
55	0	0	0	20,55	20,55
60	0	0	0	16,44	16,44
65	0	0	0	13,15	13,15
70	0	0	0	10,52	10,52
75	0	0	0	8,42	8,42
80	0	0	0	6,73	6,73
85	0	0	0	5,39	5,39
90	0	0	0	4,31	4,31
95	0	0	0	3,45	3,45
100	0	0	0	2,76	2,76
105	0	0	0	2,21	2,21
110	0	0	0	1,76	1,76
115	0	0	0	1,41	1,41
120	0	0	0	1,13	1,13
125	0	0	0	0,90	0,90
130	0	0	0	0,72	0,72
135	0	0	0	0,58	0,58
140	0	0	0	0,46	0,46
145	0	0	0	0,37	0,37
150	0	0	0	0,30	0,30

Tabla 6.19 Aplicación de Muskingum para Tacamahaca

6.6 Hidrogramas de Caudales vs Tiempos ($T_r = 10$ años)

Chacaíto (1170 m.s.n.m.)

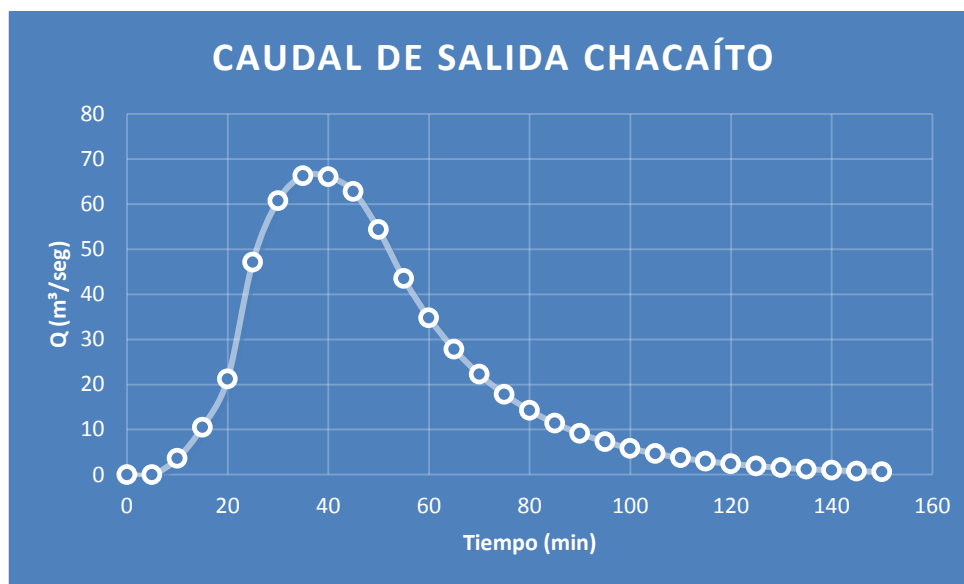


Gráfico 6.4 Caudal de Salida Quebrada Chacaíto

Los Chorros (1380 m.s.n.m.)

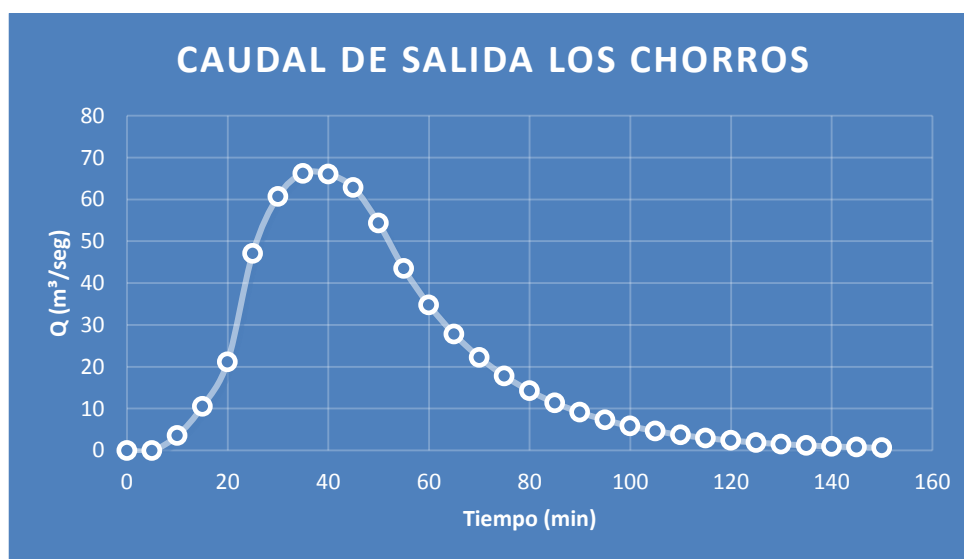


Gráfico 6.5 Caudal de Salida Quebrada Los Chorros

Tacamahaca (1300 m.s.n.m.)

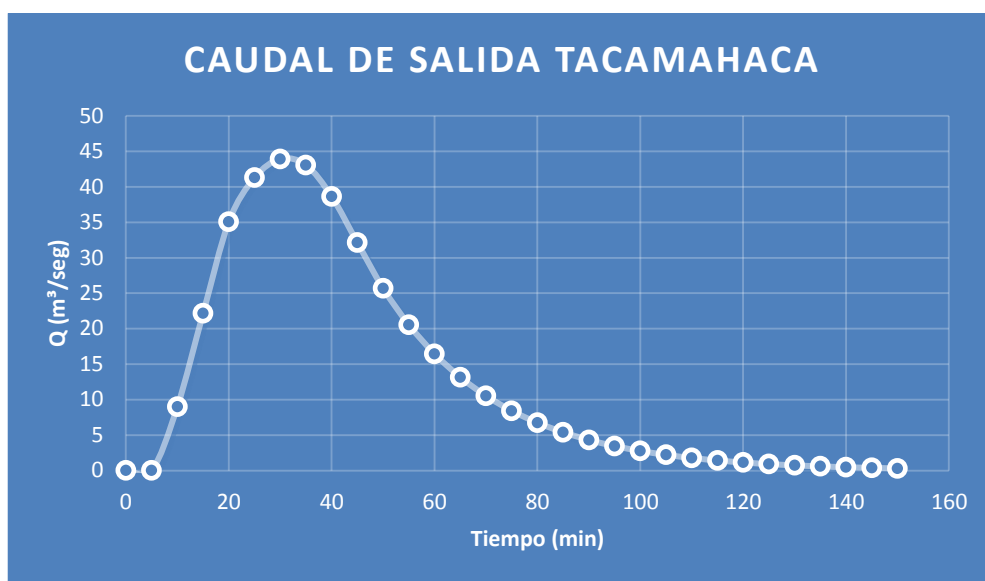


Gráfico 6.6 Caudal de Salida Quebrada Tacamahaca

En estas gráficas, se presentan los caudales para cada instante de tiempo, en donde el área bajo la curva, será un volumen.

	Volumen (m³)
Quebrada	Cota Superior
Chacaíto	2002,50
Los Chorros	3048,12
Tacamahaca	1986,10

Tabla 6.20 Volúmenes de Agua

Este proyecto tiene dos finalidades importantes. La principal es almacenar volúmenes de agua en tanques, para darle uso en sistemas de riego. Otra utilidad del almacenamiento de estos caudales, es en caso de incendios forestales cercanos a las zonas de estudio en el Parque Nacional Waraira Repano.

Dicho esto, se necesitará el diseño de un Dique-Toma y de dos tanques de almacenamiento. Uno de estos, se ubicará en una cota donde pueda atender este tipo de emergencias y el otro estará en cota 1000 m.s.n.m., a fines de utilizar dichos caudales para riego de parques recreacionales que se encuentren aguas abajo.

Una vez obtenidos los caudales y los volúmenes, se realiza un diseño preliminar de las obras, en donde es necesaria la información del entorno con el que se está trabajando; como son los estudios de suelo, información de las pendientes transversales y longitudinales, entre otros datos de suma importancia. Esto no se pudo llevar a cabo por completo, debido al complejo proceso de búsqueda de información que se presenta en el país.

De igual manera, se realizó un diseño preliminar del tanque destinado para emergencias, siguiendo los parámetros de la Gaceta Oficial N° 4044 Extraordinario, de fecha 8 de Septiembre de 1988; en donde se exige una reserva para combatir incendios en zonas residenciales multifamiliares de 16 litros/seg durante 4 horas. Este valor fue tomado como referencia para los cálculos, por la falta de información de dotación para incendios forestales:

$$16 \left(\frac{l}{seg} \right) * 4(hrs) * \frac{3600}{1} \left(\frac{seg}{hrs} \right) = 230400 l$$

El tanque destinado para usos contra incendios, debe tener la capacidad de almacenar como mínimo un volumen de 230400 litros, para cumplir con las exigencias de la norma.

Con respecto al tanque ubicado aguas abajo (destinado para riego), su diseño estará relacionado con la disposición final del volumen almacenado. En donde se supuso una capacidad de 1000000 litros.

Existirá una red de tuberías que conectaran el Dique-Toma con los tanques de almacenamiento. La selección del tipo de tubería, dependerá de un análisis más específico en cuanto a la topografía del terreno, acceso a las zonas de instalación y complejidad del proceso, presiones del sistema, costos y disponibilidad en el mercado. Algunos tipos que se pudieran recomendar inicialmente serían:

Aspectos	Solicita- ciones por Presión Interna	Solicitaciones por Presión Externa Uni- forme (Presión Atmosférica)	Diámetros y Espesores	γ kgf m ³	Estabilidad	Protección	Coeffic. fricción. (Tubería Nueva) (h)	Observaciones
Materiales								
Acero (f. n.)	Sin restric- ciones en el rango práctico	En ciertos casos deben instalarse dispositivos para evitar el colapso	Con pocas restricciones en el rango práctico	7850	Con juntas soldadas pue- den eliminarse la mayoría de los anclajes	En general, requieren protección exterior e interior	Revestida Interior- mente 135-145	Colocación relativamente sen- cilla. Se deben preferir juntas soldadas. Piezas especiales de fabricación en obra
Hierro fundido dúctil (im)	Sin restric- ciones en el rango práctico	Los espesores son tales que usual- mente resisten la presión atmosféri- ca externa	Con restric- ción por las carac- terísticas de la producción (d)	7500	Por el tipo de juntas que usualmente se utilizan, requie- ren anclajes	En general, requieren protección exterior e interior	Revestida Interior- mente 135-145	En topografía abrupta la colo- cación puede complicarse por el peso, fragilidad, anclajes y la construcción en fábrica de las piezas especiales
Asbesto cemento (f. n.)	Presiones moderadas (a)	Los espesores son tales que usual- mente resisten la presión atmosféri- ca externa	Con restric- ción por las carac- terísticas de la producción (e)	2000	Por el tipo de juntas que usualmente se utilizan, requie- ren anclajes	Usualmente no requieren protección	140-150	Por la fragilidad, el transporte y la colocación de la tubería re- quieren de una cuidadosa supervisión. Piezas especiales de fabricación en planta
concreto (f. n.)	Presiones moderadas (b)	Los espesores son tales que usual- mente resisten la presión atmosféri- ca externa	Con restric- ción por las carac- terísticas de la producción	2400 (f)	Por el tipo de juntas que usualmente se utilizan, requie- ren anclajes	Usualmente no requieren protección	130-140	Por su peso el transporte y la colocación son delicados. Piezas especiales de fabrica- ción en planta
Plástico y fibra de vidrio (im.)	Presiones moderadas (c)	Los espesores son tales que usual- mente resisten la presión atmosféri- ca externa	Con restric- ción por las carac- terísticas de la producción	(g)	Por el tipo de juntas que usualmente se utilizan, requie- ren anclajes	Usualmente no requieren protección	140-150	Por su peso pueden resultar recomendables en sitios de difícil acceso. Piezas especiales de fabricación en planta

(a) Normalmente, la producción nacional corresponde a presiones de trabajo de 10 kgf/cm²

(b) Generalmente, menores de 15 kgf/cm²

(c) La literatura técnica disponible registra presiones máximas del orden de 30 kgf/cm²

(d) En la literatura técnica se observa como D máximo usualmente suministrable 1200 mm

(e) La producción nacional se limita hasta diámetros de 1000 mm

(f) El peso mínimo de las tuberías de concreto es elevado en razón de los espesores mínimos requeridos

(g) Según los componentes, varía en forma apreciable

(h) Coeficiente de resistencia de Hazen - Williams

(f.n) fabricación nacional

(im) Importadas

Tabla 6.21 Materiales para Tuberías
(Fuente: Méndez, 1995. Tuberías a Presión)

De acuerdo al estudio realizado y apoyándose en la información disponible, se puede reducir dicha selección a sólo dos opciones, como lo son las Tuberías Plásticas de PEAD, destacadas por su flexibilidad y presentaciones en grandes rollos de tubería continua; y las de Acero Galvanizado por su variedad en diámetros, soporte de altas presiones y reducción en el número de anclajes por soldaduras en sus juntas.

Suponiendo que el tanque destinado para riego, tardará menos de un día en llenarse, la tubería de conducción deberá tener un diámetro de 3 pulgadas aproximadamente.

A continuación se presenta el trazado preliminar de la tubería que conecta el Dique-Toma con el tanque de almacenamiento ubicado en cota 1000 m.s.n.m., para cada quebrada:

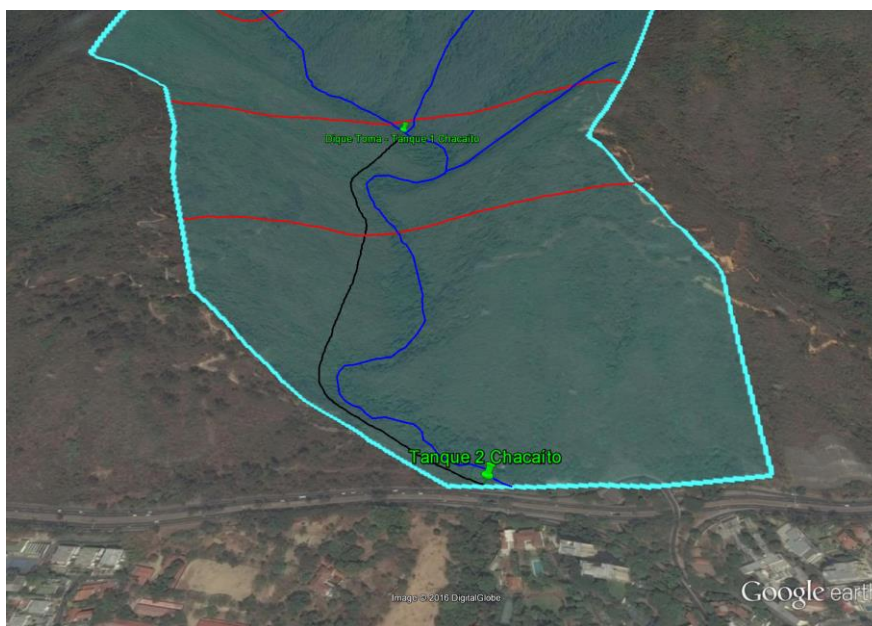


Figura 6.7 Trazado Preliminar de tubería en la Quebrada Chacaíto
(Fuente: Propia, 2016. Google Earth)

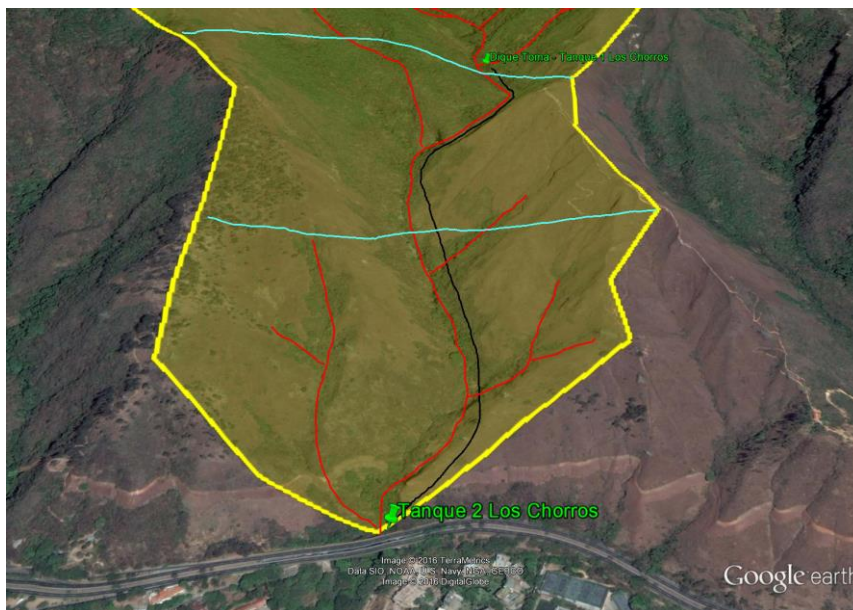


Figura 6.8 Trazado Preliminar de tubería en la Quebrada Los Chorros
(Fuente: Propia, 2016. Google Earth)

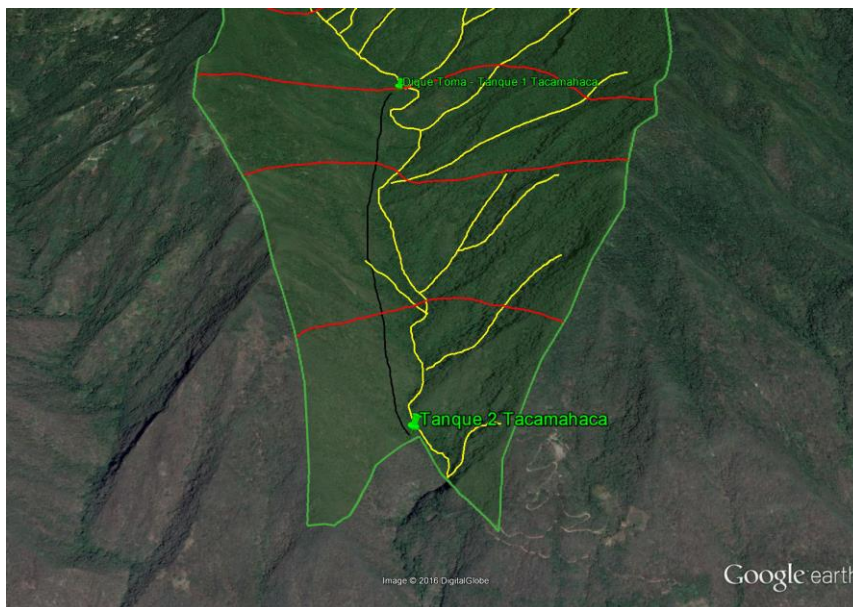


Figura 6.9 Trazado Preliminar de tubería en la Quebrada Tacamahaca
(Fuente: Propia, 2016. Google Earth)

Una vez realizado el diseño preliminar de los tanques de almacenamiento para riego (cota 1000), se planteó una conexión entre Chacaíto y los Chorros, con el fin de conducir caudales dependiendo de las demanda de cada uno.

Se pudo observar que en cualquiera de los sentidos en que se realice la conducción, sería necesaria la instalación de Bombas, debido a la existencia de puntos altos a lo largo del trazado que impiden el trabajo a gravedad.

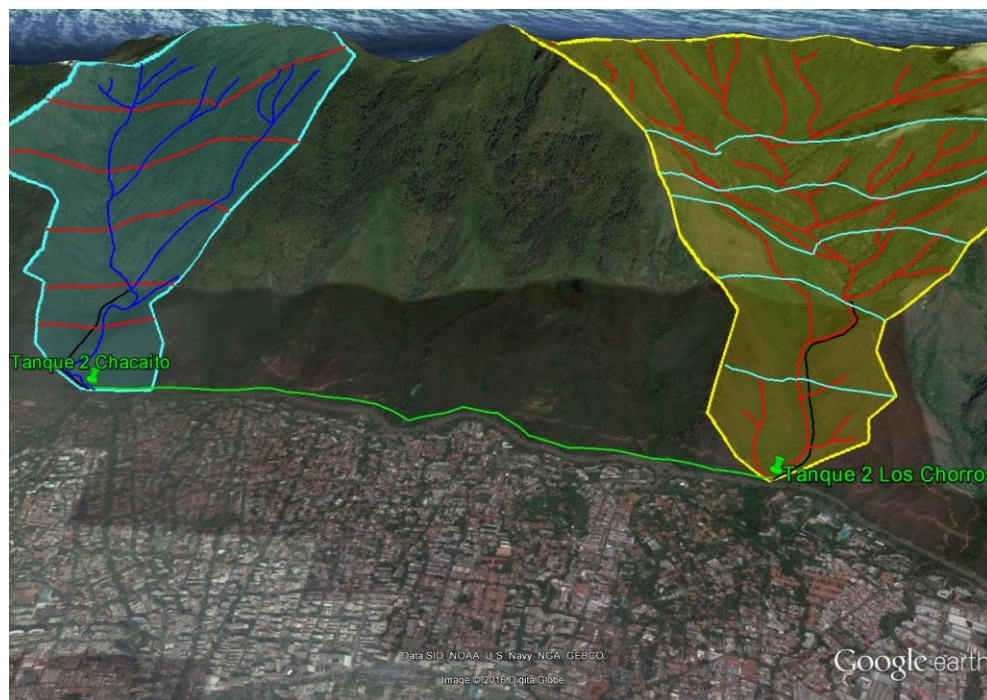


Figura 6.10 Trazado Preliminar con Bombeo Chacaíto - Los Chorros

(Fuente: Propia, 2016. Google Earth)

Algunos de los parques aguas abajo de las quebradas, que podrían ser regados serían:



Figura 6.11 Mapa de Parques a Regar Chacaíto
(Fuente: Propia, 2016. Google Earth)



Figura 6.12 Mapa de Parques a Regar Los Chorros
(Fuente: Propia, 2016. Google Earth)

El tanque de almacenamiento ubicado aguas abajo del tramo estudiado, de la Quebrada Tacamahaca, no posee parques recreacionales cercanos que pudieran ser regados. Una posible opción para la disposición de este volumen, podría ser dotar a parte de la zona industrial mostrada en la imagen.

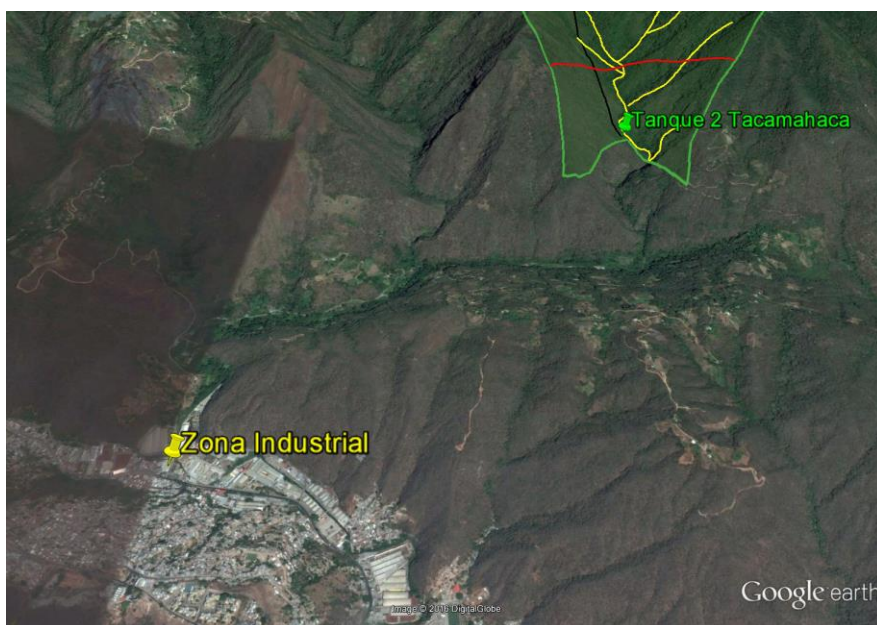


Figura 6.13 Mapa de Zona a Dotar Tacamahaca
(Fuente: Propia, 2016. Google Earth)

Es necesario destacar que el caudal ecológico de cada una de las quebradas, no será afectado por la instalación de estas obras hidráulicas, debido a numerosas razones:

- Todos los valores de volúmenes obtenidos, se calcularon con datos de precipitaciones máximas para 30 min.
- Al mismo tiempo no se tomó en cuenta los aportes externos que tiene cada quebrada, únicamente se utilizaron estos datos de precipitaciones.
- Los tanques están diseñados para almacenar ciertos volúmenes de agua, es decir, que al estar completamente llenos, el Dique-Toma no captará agua de la quebrada, permitiendo que ésta siga su curso natural.

CAPÍTULO VII

CONSIDERACIONES ADICIONALES

A continuación se presentan algunas consideraciones que serían necesarias para un diseño en detalle de lo propuesto en este Trabajo Especial de Grado:

7.1 Dique-Toma

Con los caudales, volúmenes y planos topográficos de las zonas, se procede a realizar el diseño preliminar de los Dique-Toma.

Para este proyecto, se recomienda la selección de un Dique-Toma con captación de rejilla incorporada, siendo éste la estructura usualmente empleada para controlar el nivel mínimo de las aguas y captar los pequeños gastos requeridos en los torrentes montañosos.

Se trata de una presa de gravedad de concreto de baja altura sobre la cual se vierten las aguas del río; en la parte central presenta una depresión en la que está ubicada la captación que consiste en una rejilla de protección, un canal recolector, y una tubería de descarga.

En la selección del sitio donde se ubicaría el Dique-Toma, se deben considerar ciertos factores:

- Los gastos de estiaje deben ser iguales o mayores que los requeridos con el nivel de garantía necesario.
- La cota debe permitir la conducción por gravedad de las aguas captadas.
- El sitio debe estar en un tramo del cauce relativamente recto, de pendiente constante, con un ancho que facilite la construcción del Dique-Toma.
- Aguas abajo debe permitir la ubicación de la tubería de descarga y del tanque.
- El sitio debe presentar afloraciones rocosas en los márgenes y en el fondo del cauce, a fin de garantizar un buen anclaje de la estructura del Dique-Toma.

Las recomendaciones más significativas para el diseño del Dique-Toma, son las siguientes:

- La cota del aliviadero de rebose debe garantizar flujo por gravedad desde la tanquilla de captación, hasta la aducción.
- El ancho del vertedero de rebose debe ser tal que permita pasar un caudal igual al gasto medio de la quebrada, con una carga usualmente comprendida entre 0,10 m y 0,40 m. Este ancho debe ser suficiente para dar cabida a la tanquilla de captación.
- El vertedero de crecidas tendrá una cota de cresta igual a la de rebose, incrementado en su carga, más un borde libre de 0,05 m a 0,1 m. El ancho del aliviadero de crecidas será el del Dique-Toma menos el ancho de los escalones laterales de cierre.
- El gasto aliviado se determinará por la suma del caudal del vertedero de crecidas más el del vertedero de rebose.
- La altura h_e de los escalones laterales estará en función de la cota de aguas máximas, más un borde libre no menor de 0,3 m.
- La velocidad horizontal V_a de aproximación a la rejilla debe ser tal que garantice la captación.

- El área de la rejilla A_r , debe ser suficiente para las condiciones de gasto de la quebrada. En todos los casos, la dirección de las barras de la rejilla será paralelas al flujo de aproximación.
- El canal recolector y la tubería de descarga tendrán pendiente según la dirección del flujo, a fin de facilitar el arrastre de los sedimentos que penetren.

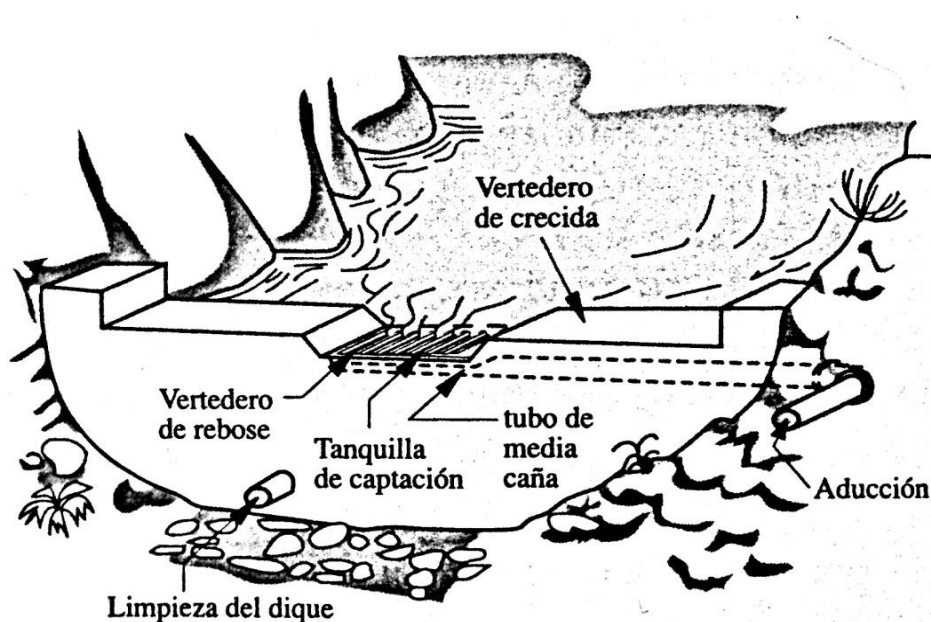


Figura 7.1 Dique-Toma con captación de rejillas incorporadas

(Fuente: Bolinaga, 1999. Proyectos de Ingeniería Hidráulica)

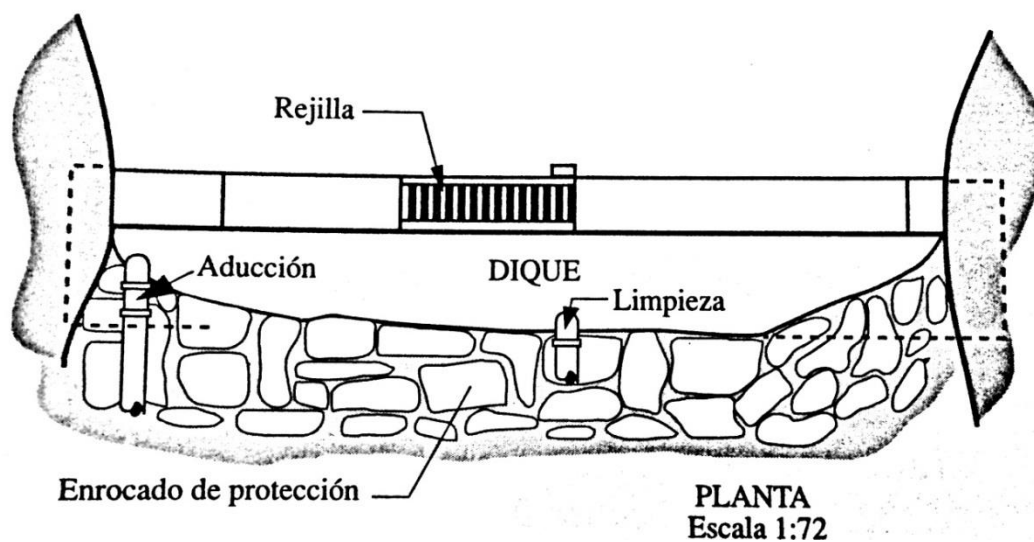


Figura 7.2 Corte Transversal del Dique-Toma con captación de rejillas incorporadas
(Fuente: Bolinaga, 1999. Proyectos de Ingeniería Hidráulica)

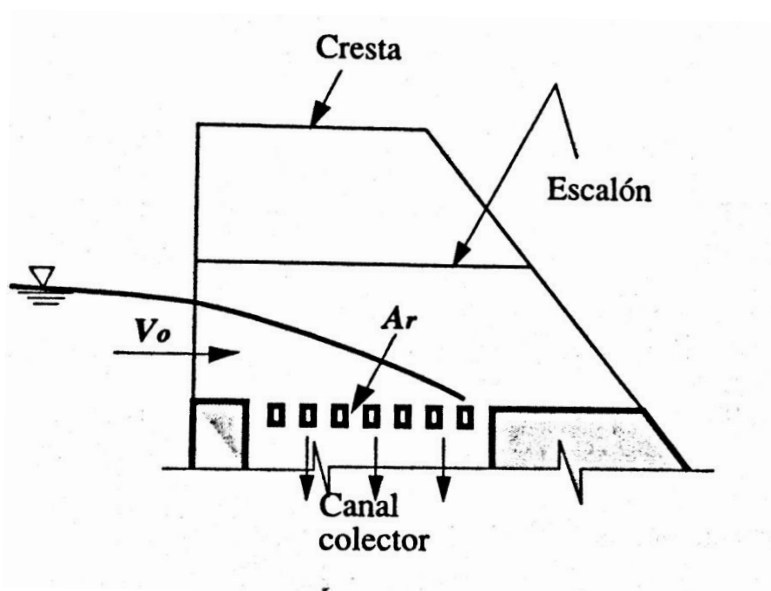


Figura 7.3 Dique-Toma Caso de Gasto de Demanda
(Fuente: Bolinaga, 1999. Proyectos de Ingeniería Hidráulica)

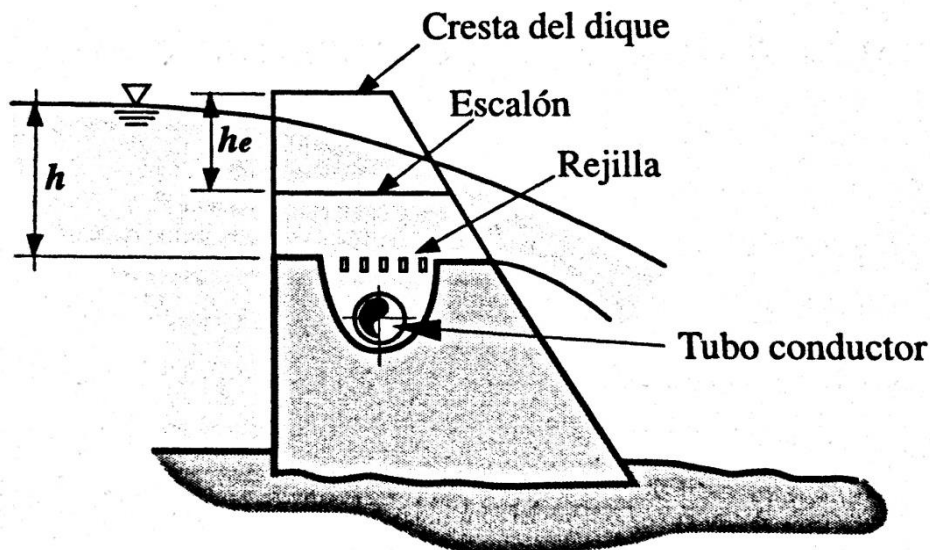


Figura 7.4 Dique-Toma Caso de Crecida de Diseño
(Fuente: Bolinaga, 1999. Proyectos de Ingeniería Hidráulica)

7.2 Tanques de Almacenamiento

Terminado el diseño de los Dique-Toma, se debe a realizar el diseño de los Tanques de Almacenamiento, en donde se recomienda la utilización de los conocidos Tanques Australianos.

Son tanques metálicos cilíndricos utilizados para el almacenamiento de agua que tienen diferentes fines; ya sea para uso industrial, agrícola, doméstico o recreacional. Pueden ser diseñados de diferentes tamaños para ajustarse a cada situación y son fabricados de Acero Galvanizado o de Acero Inoxidable.

Representan una solución bastante práctica, ya que su instalación es muy sencilla y de muy bajo costo en comparación con otros tanques (no requieren de personal especializado para su montaje). Pueden armarse en lugares de difícil acceso y son recuperables, es decir, que al ser mudados no presentan mayores complicaciones.

Los Tanques Australianos están conformados por láminas de Acero, las cuales son unidas con pernos de alta resistencia. Tienen diámetros que oscilan desde 2,7 m hasta 31 m con capacidades de hasta 4.000.000 de litros. Además, el acondicionamiento del terreno a instalar, es mínimo.

A continuación se presentan una serie de recomendaciones básicas para la instalación de los tanques:

- Limpiar y nivelar el terreno.
- Excavar según el proyecto el área a ocupar, para la fabricación de la losa.
- Instalar la tubería y boca de desagüe.
- Compactar y rellenar el área con piedra picada.
- Armar el encofrado circular al borde del área excavada.
- Instalar armadura longitudinal (C) y la viga perimetral (A y B) con cabillas y enmallado de acero.
- Ensamblar sobre la viga perimetral (B) el primer anillo del tanque uniendo las láminas con los accesorios suministrados (banda de goma o sellador mono-componente y pernos), nivelándolo horizontalmente y verticalmente.
- Llenar el encofrado con concreto, agregándole un hidrófugo para evitar filtraciones.
- Al fraguar el concreto, apretar los pernos.
- Llenar el tanque y reparar las filtraciones, si es necesario.

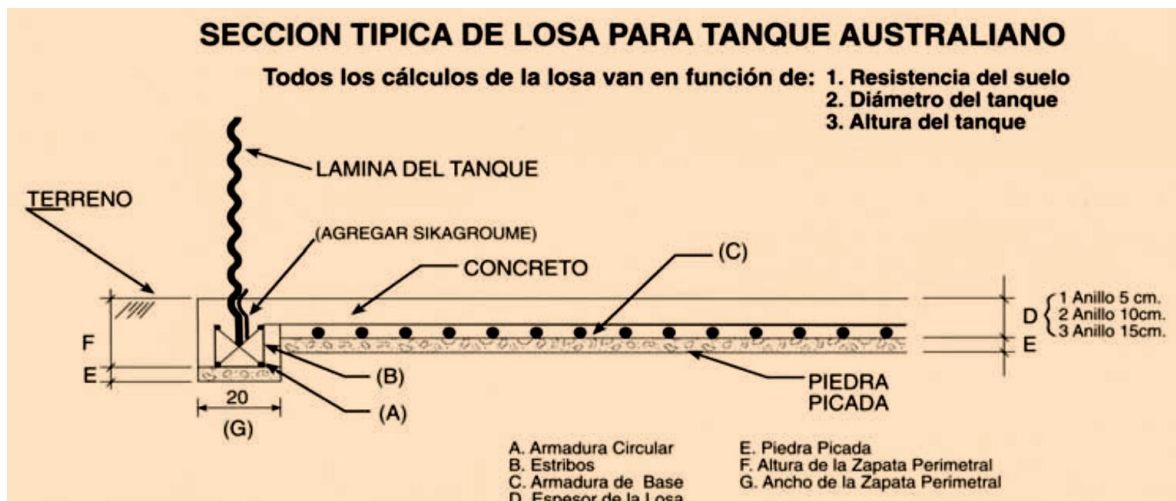


Figura 7.5 Sección Típica de Losa para Tanque Australiano
(Fuente: C.A. ARMCO Venezolana)

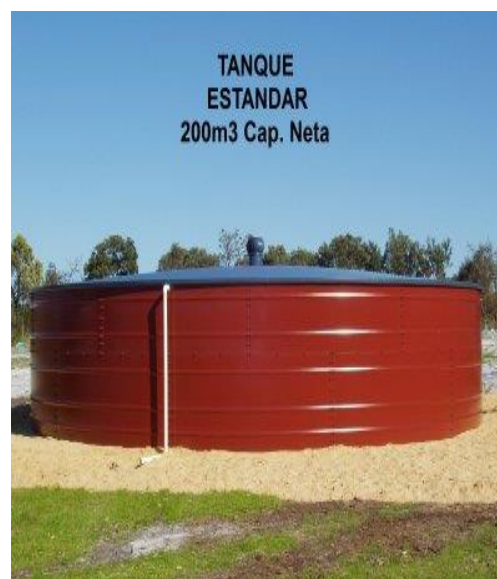
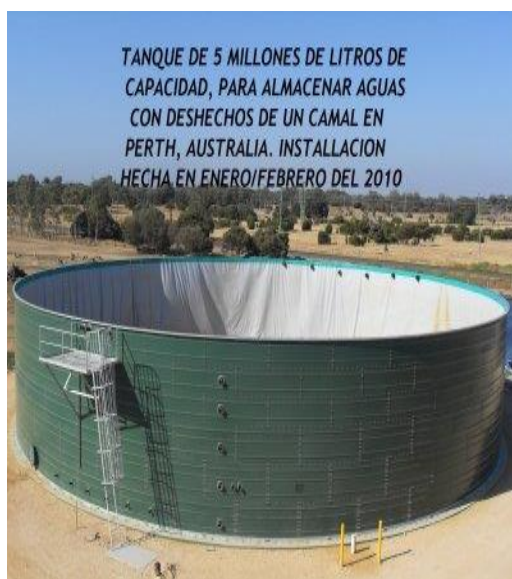


Figura 7.6 Tanques Australianos
(Fuentes: EP Pumps Services, 2016)

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALMACENAJE DE AGUA, UTILIZANDO LAS QUEBRADAS DEL ÁVILA A FINES DE USO DE RIEGO

CAPACIDAD (LITROS)	CAPACIDAD (m ³)	ANILLOS	DIAMETRO (m)	ALTURA (M)
4.500	4,50	1	2,8	0,75
10.500	10,50	1	4,2	0,75
18.500	18,50	1	5,6	0,75
29.000	29,00	1	7,0	0,75
41.500	41,50	1	8,4	0,75
56.500	56,50	1	9,8	0,75
74.000	74,00	1	11,2	0,75
93.500	93,50	1	12,6	0,75
115.500	115,50	1	14,0	0,75
140.000	140,00	1	15,4	0,75
166.500	166,50	1	16,8	0,75
195.500	195,50	1	18,2	0,75
226.500	226,50	1	19,6	0,75
260.000	260,00	1	21,0	0,75
296.000	296,00	1	22,4	0,75
9.000	9,00	2	2,8	1,5
21.000	21,00	2	4,2	1,5
37.000	37,00	2	5,6	1,5
58.000	58,00	2	7,0	1,5
83.000	83,00	2	8,4	1,5
113.000	113,00	2	9,8	1,5
148.000	148,00	2	11,2	1,5
187.000	187,00	2	12,6	1,5
231.000	231,00	2	14,0	1,5
279.500	279,50	2	15,4	1,5
333.000	333,00	2	16,8	1,5
390.500	390,50	2	18,2	1,5
453.000	453,00	2	19,6	1,5
520.000	520,00	2	21,0	1,5
591.500	591,50	2	22,4	1,5

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALMACENAJE DE AGUA, UTILIZANDO LAS QUEBRADAS DEL ÁVILA A FINES DE USO DE RIEGO

13.500	14	3	2,8	2,2
30.500	31	3	4,2	2,2
54.000	54	3	5,6	2,2
84.500	85	3	7,0	2,2
122.000	122	3	8,4	2,2
166.000	166	3	9,8	2,2
217.000	217	3	11,2	2,2
274.500	275	3	12,6	2,2
339.000	339	3	14,0	2,2
410.000	410	3	15,4	2,2
488.000	488	3	16,8	2,2
573.000	573	3	18,2	2,2
664.500	665	3	19,6	2,2
762.500	763	3	21,0	2,2
867.500	868	3	22,4	2,2
979.500	980	3	23,8	2,2
1.098.000	1.098	3	25,2	2,2
1.223.500	1.224	3	26,6	2,2
18.500	19	4	2,8	3,0
41.500	42	4	4,2	3,0
74.000	74	4	5,6	3,0
115.500	116	4	7,0	3,0
166.500	167	4	8,4	3,0
226.500	227	4	9,8	3,0
296.000	296	4	11,2	3,0
374.500	375	4	12,6	3,0
462.000	462	4	14,0	3,0
559.000	559	4	15,4	3,0
665.500	666	4	16,8	3,0
781.000	781	4	18,2	3,0
906.000	906	4	19,6	3,0
1.040.000	1.040	4	21,0	3,0
1.183.000	1.183	4	22,4	3,0
1.335.500	1.336	4	23,8	3,0
1.497.500	1.498	4	25,2	3,0
1.668.500	1.669	4	26,6	3,0
1.848.500	1.849	4	28,0	3,0
2.038.000	2.038	4	29,4	3,0
2.237.000	2.237	4	30,8	3,0

Tabla 7.1 Tabla de Capacidades para Tanques Australianos

(Fuente: Manufacturas Adrigal, C.A.)

Tomando en cuenta los volúmenes calculados preliminarmente en este proyecto y trabajando con la propuesta de los Tanques Australianos, se puede plantear un dimensionado preliminar de la siguiente forma:

Tanque	Capacidad (m ³)	Anillos	Diámetro (m)	Altura (m)
Incendio	296	4	11,2	3
Riego	1040	4	21	3

Tabla 7.2 Tabla de Dimensiones Propuestas para los Tanques Australianos

7.3 Tuberías

Los caudales extraídos de las quebradas por los Dique-Toma, van a ser conducidos hasta los Tanques de almacenamiento por Tuberías. Estas pueden ser de diferentes materiales, dependiendo de numerosos factores como:

- Topografía del terreno.
- Presiones en el sistema.
- Resistencia a impactos.
- Disponibilidad en el mercado.
- Costos.

En este caso se recomienda la utilización de Tuberías de Acero Galvanizado, ya que cumplen con la mayoría de los requisitos para obtener una conducción efectiva en el sistema.

El Acero Galvanizado, no es más que Acero protegido de la corrosión mediante un recubrimiento de zinc. Éste se utiliza no por ser un metal más resistente, sino por ser un metal menos noble y que se corroe antes. En hidráulica, cuando dos metales con diversos potenciales de oxidación están en contacto directo, el más negativo se protegerá a costa del más positivo,

que se corroerá. Al oxidarse el zinc, se protege el Acero, básicamente este actúa como un ánodo de sacrificio.

Este tipo de tuberías, no necesita de un mantenimiento especial. La duración de una pieza puede ser de 70 años en condiciones normales. El Acero Galvanizado es uno de los materiales que ofrece mayor variedad de usos y aplicaciones, por ser una protección económica y versátil del acero.

Especificación	A-253 GrC	A-283 GrC	A-36	A-572 Gr42	A-572 Gr45	A-572 Gr50	A-572 Gr55
Punto Cedente (lbf/pul ²)	30.000	33.000	36.000	42000	45000	50000	55000
Esfuerzo Máximo (lbf/pul ²)	55.000	60.000	58.000	60000	60000	65000	70000
Comentarios	Acero al carbono de resistencia media		Acero Estruct.	Acero de alta resistencia			

Tabla 7.3 Especificaciones ASTM de Láminas de Acero para la Fabricación de Tuberías de Acero que Transportan Agua
(Fuente: Méndez, 1995. Tuberías a Presión)

Especificación Serie	Diámetro		Longitud m	Peso Teórico por Pieza	Peso Teórico	N° Piezas por Atado	Peso Teórico por Atado
	Nominal plg	Externo mm		kgf	kgf/m		kgf
ISO II	3/8"	17,1	6,40	4,48	0,700	271	1.214
	1/2"	21,4	6,40	6,34	0,991	217	1.376
	3/4"	26,9	6,40	9,34	1,459	169	1.578
	1"	33,8	6,40	13,31	2,080	91	1.211
	1 1/4"	42,5	6,40	17,09	2,670	91	1.555
	1 1/2"	48,4	6,40	21,31	3,330	61	1.300
	2"	60,2	6,40	26,88	4,200	37	995
ISO I	2 1/2"	73,4	6,40	40,80	6,375	37	1.510
	3"	89,4	6,40	50,11	7,830	24	1.203
	4"	114,9	6,40	71,81	11,220	19	1.364
ASTM A 120/53	3/8"	17,1	6,40	5,70	0,891	271	1.545
	1/2"	21,3	6,40	8,51	1,330	217	1.847
	3/4"	26,7	6,40	11,33	1,770	169	1.915
	1"	33,4	6,40	16,70	2,609	91	1.520
	1 1/4"	42,2	6,40	22,59	3,530	91	2.056
	1 1/2"	48,3	6,40	26,88	4,200	61	1.640
	2"	60,3	6,40	36,03	5,630	37	1.333
	2 1/2"	73,0	6,40	56,77	8,870	37	2.100
	3"	88,9	6,40	74,11	11,580	24	1.779
	4"	114,3	6,40	105,28	16,450	19	2.000
	6"	168,3	6,40	184,45	28,82	7	1.291

Tabla 7.4 Catálogo de Tuberías de Acero Galvanizado

(Fuente: Maploca)

CAPÍTULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

La búsqueda de información fue el primer obstáculo para la realización de este Trabajo Especial, ya que son muy pocos los registros existentes que aportan valores hídricos y topográficos representativos. Para cualquier desarrollo hidrológico se debe contar con una nutrida y variada documentación; sistemas como Google Earth y aplicaciones para cálculos de áreas como Free Map Tools sirvieron de apoyo ante la insuficiencia de información.

Algunas quebradas del Waraira Repano no son actualmente objeto de aprovechamiento alguno, salvo lo concerniente al mantenimiento del gasto ecológico; sin embargo, dadas las cantidades de agua que podrían ser eventualmente aprovechadas, se concluye en la factibilidad de utilizar parcialmente la esorrentía de las quebradas estudiadas para satisfacer demandas de riego de áreas verdes recreacionales y suministro de agua a sectores industriales; e incluso ser aprovechadas como alternativa de emergencia.

Para los cálculos realizados fueron de vital importancia las curvas IDF, notando que los registros obtenidos del INAMEH solo servirán como una referencia para verificar si el Tiempo de Retorno que se utilizó para el planteamiento del proyecto es el adecuado, una vez chequeada esta información pierden toda validez, trabajando directamente con los datos de dichas curvas.

Se seleccionó el Dique-Toma de toma frontal con rejilla, el cual se ubicó de manera preliminar en la parte más angosta que reuniera la mayoría de los afluentes según el sistema planteado para cada quebrada. El mismo sólo ejercerá su función principal de captación para el llenado

de los tanques, una vez almacenados los volúmenes, permitirá el paso del caudal de la quebrada sin ninguna restricción.

Estos sistemas de almacenamiento alternativo tendrán dos opciones para la disposición de sus aguas, como una reserva contra incendios forestales y un sistema de riego de los parques cercanos aguas abajo.

En base a los análisis, se concluye que la mejor opción para el almacenamiento de los volúmenes obtenidos es el uso de los Tanques Australianos, por su excelente adaptación a la problemática de este proyecto; ubicándolos en zonas estratégicas con diferencias de cotas que proporcionen la presión necesaria para un sistema efectivo sin utilización de bombas.

Una vez planteada la conexión entre los tanques ubicados en cota mil de las Quebradas Chacaíto y Los Chorros, se necesitará la instalación de bombas, debido a que en su trazado preliminar, se pueden presenciar diferencias de elevaciones. Además, si la conexión se realiza a gravedad, dicha tubería tendría que cruzar la Avenida Boyacá y determinadas zonas pobladas, lo cual implicaría desventajas para el proyecto.

Por no poseer información detallada del terreno cercano a las quebradas en estudio, la selección de las tuberías se ha realizado de manera muy preliminar, tomando en cuenta características de cierta importancia como el manejo de presiones, resistencia del material, peso de la tubería y presentaciones comerciales.

El trazado preliminar de las tuberías de conexión entre los tanques de almacenaje y los posibles parques a ser regados, no se pudo llevar a cabo, debido a la poca información topográfica y a la complejidad de dicho trazado en estas zonas de densa población. Además de ser necesaria la selección de los parques más factibles para recibir el volumen almacenado.

8.2 Recomendaciones

Una vez terminada la elaboración de este Trabajo Especial de Grado, se recomienda:

1. Extender el alcance de este proyecto, trabajando con las precipitaciones más recientes posibles, de manera de obtener resultados más precisos que se adapten a la realidad. Así como los planos topográficos detallados, ubicación definitiva para el Dique-Toma y los Tanques de almacenamiento, y las demandas de los parques a ser regados.
2. Trabajar con el Dique-Toma de captación con rejilla incorporada, siendo éste el más usual por su adaptación a torrentes montañosos.
3. Promover el uso de los Tanques Australianos por su fácil traslado, instalación y gran capacidad de almacenaje.
4. Plantear varios trazados tentativos con el objeto de definir uno de ellos, los cuales dependerán de las características del terreno en estudio.
5. Utilizar Tuberías de Acero Galvanizado, principalmente por su comportamiento ante altas presiones, vida útil prolongada y resistencia a impactos.
6. Evaluar las presiones a las que estará sometida dicha tubería y de ser necesario estudiar la posibilidad de colocación de válvulas reductoras de presiones, para evitar el colapso la misma.
7. Conectar los tanques inferiores, de manera de conducir caudales dependiendo de las demandas de cada uno.

8. Instalar tanques secundarios en los parques aguas abajo de este sistema, para que tengan una mayor capacidad de almacenaje y distribución, de manera de no trabajar en conexión directa con el tanque principal.
9. Utilizar el sistema de riego por goteo para los parques aguas abajo, ya que con este método se le suministra agua a la planta según sus requerimientos diarios y no son necesarios grandes caudales.
10. El estudio realizado en este trabajo, se concentró en tres quebradas del Ávila, se recomienda extender esta investigación, aplicando este mismo procedimiento para otras que pudieran ser aprovechables.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, Alex (2007). Manual Básico para el Análisis de una Cuenca Hidrográfica. Universidad de los Lagos.

Alejandro, José y Torres, Daniel (2003). Análisis Preliminar de Aprovechamiento de las Quebradas de Ávila, entre las Zonas de Los Chorros y Guarenas para Abastecimiento Urbano. Tesis. Universidad Católica Andrés Bello.

Arias, F. (2006). El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología científica. Quinta edición. Editorial Episteme.

Arocha Ravelo, Simón (1979). Abastecimientos de Agua. Teoría y Diseño. Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela.

Ayala Useche, Leopoldo (1975): Estudio hidrológico para la determinación de los gastos de diseño para el plan general de los drenajes del área metropolitana de Caracas. Editorial Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS)

Ayala Useche, Leopoldo y Ochoa Iturbe, José (1981). Estudio hidrológico para el aprovechamiento de fuentes del sistema de abastecimiento de agua potable de la zona Metropolitana. Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS), Dirección General de Proyectos.

Bateman, Allen (2007). Hidrología Básica y Aplicada. Grupo de Investigación en Transporte de Sedimentos.

Bolinaga, Juan José (1999). Proyectos de Ingeniería Hidráulica. Volumen I. Fundación Polar.

Bolinaga, Juan José (1999). Proyectos de Ingeniería Hidráulica. Volumen II. Fundación Polar.

Breña, Agustín y Jacobo, Marco (2003). Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial. Universidad Autónoma Metropolitana.

C.A. Armco Venezolana (2014). Tanques Australianos. Catálogo de muestra Armco.

Chow, Ven Te (2004). Hidráulica de Canales Abiertos. Editorial McGraw-Hill.

Convit, Rafael (1964). Curvas de Intensidad- Frecuencia- Duración de lluvias cortas aplicables al cálculo de avenamientos para la zona Metropolitana de Caracas. Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS).

Franceschi A., Luis E. (1984). Drenaje vial. Colegio de ingenieros de Venezuela.

Gaceta Oficial N° 4044 Extraordinario, 8 de Septiembre de 1988.

González López, Ninoska y Mirabetty Álvarez, Jesús (2015). Caracterización Hidrológica, Hidráulica y Sanitaria de una Cuenca. Caso Quebrada Chacaíto del Municipio Chacao Estado Miranda, Tomo I. Tesis. Universidad Católica Andrés Bello.

Hernández R., Fernández C. y Baptista P. (2006). Metodología de la Investigación. McGraw-Hill.

López, José Luis (2012). Inundaciones Fluviales y Aludes Torrenciales. Biblioteca Popular de Sismología Venezolana. FUNVISIS.

López, José Luis (2013). Las Quebradas de Caracas y el Saneamiento del Río Guaire: Retos y Oportunidades. Instituto de Mecánica de Fluidos, Facultad de Ingeniería, UCV.

Maploca (2014). Dimensiones y Propiedades para el Diseño. Acero Maploca

Méndez, Manuel Vicente (1994). Tuberías a Presión en los Sistemas de Abastecimientos de Agua. Caracas. Fundación Polar. Universidad Católica Andrés Bello.

Miguel Carpio y Asociados (2014). Aprovechamiento de los Recursos Hídricos. Aguas del Ávila. P.N. Waraira Repano.

Pavco de Occidente LTDA (2007). Tubosistemas PEAD para Conducción de Agua Potable. Acuaflex.

Rosales, Aníbal y García, Pedro (2015). La Degradación de las Cuencas Hidrográficas. Grupo Orinoco. Energía y Ambiente.

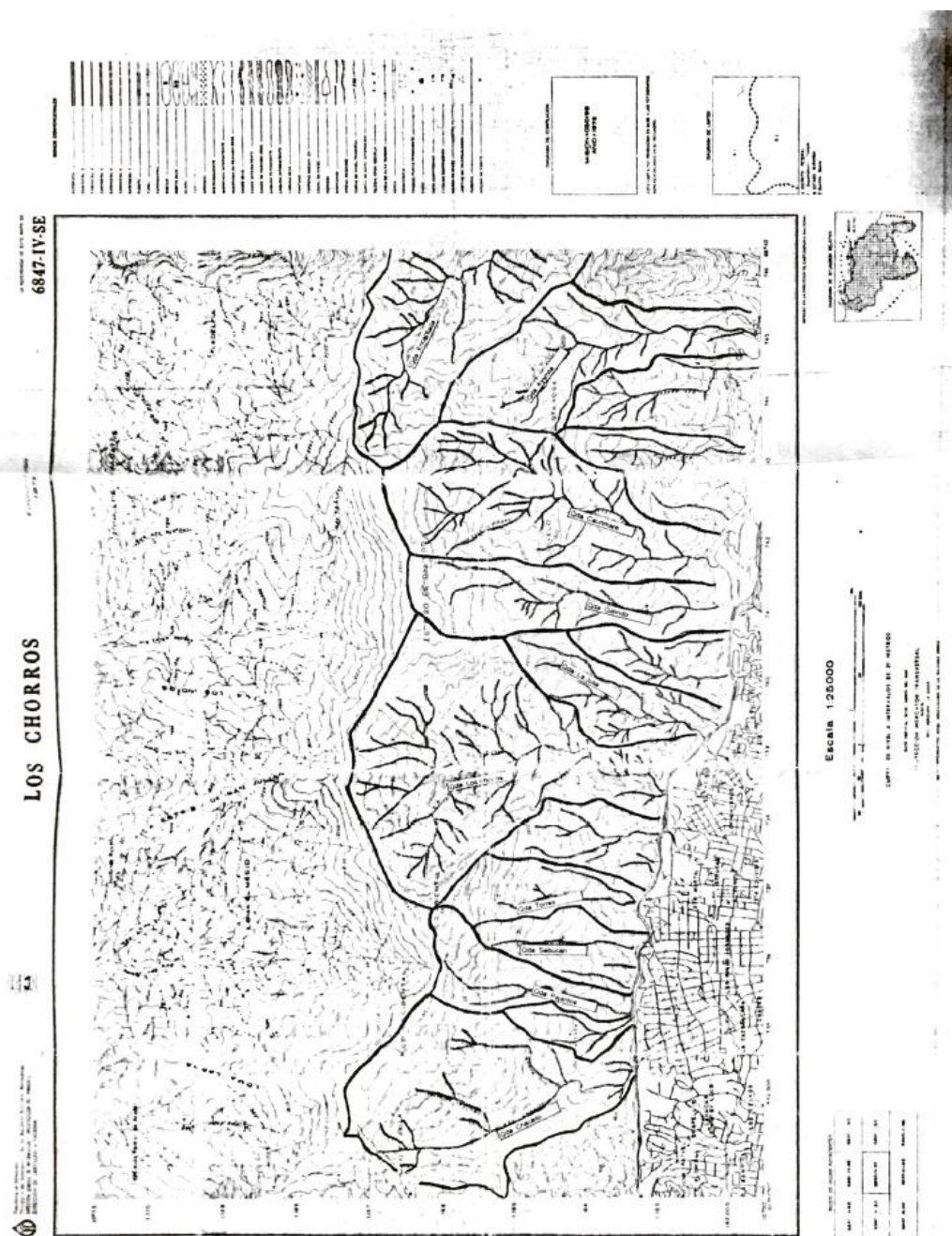
Sánchez, Javier (2013). Gráficos de Probabilidad. Departamento de Geología. Universidad de Salamanca. España.

Schmitz, Michael y Hernández, Julio (2010). Estudios de Riesgo en Caracas. Proyecto Ávila.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL). Vicerrectorado de Investigación y Postgrado. (2005). Manual de Trabajos de Grado, de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales. Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (FEDUPEL).

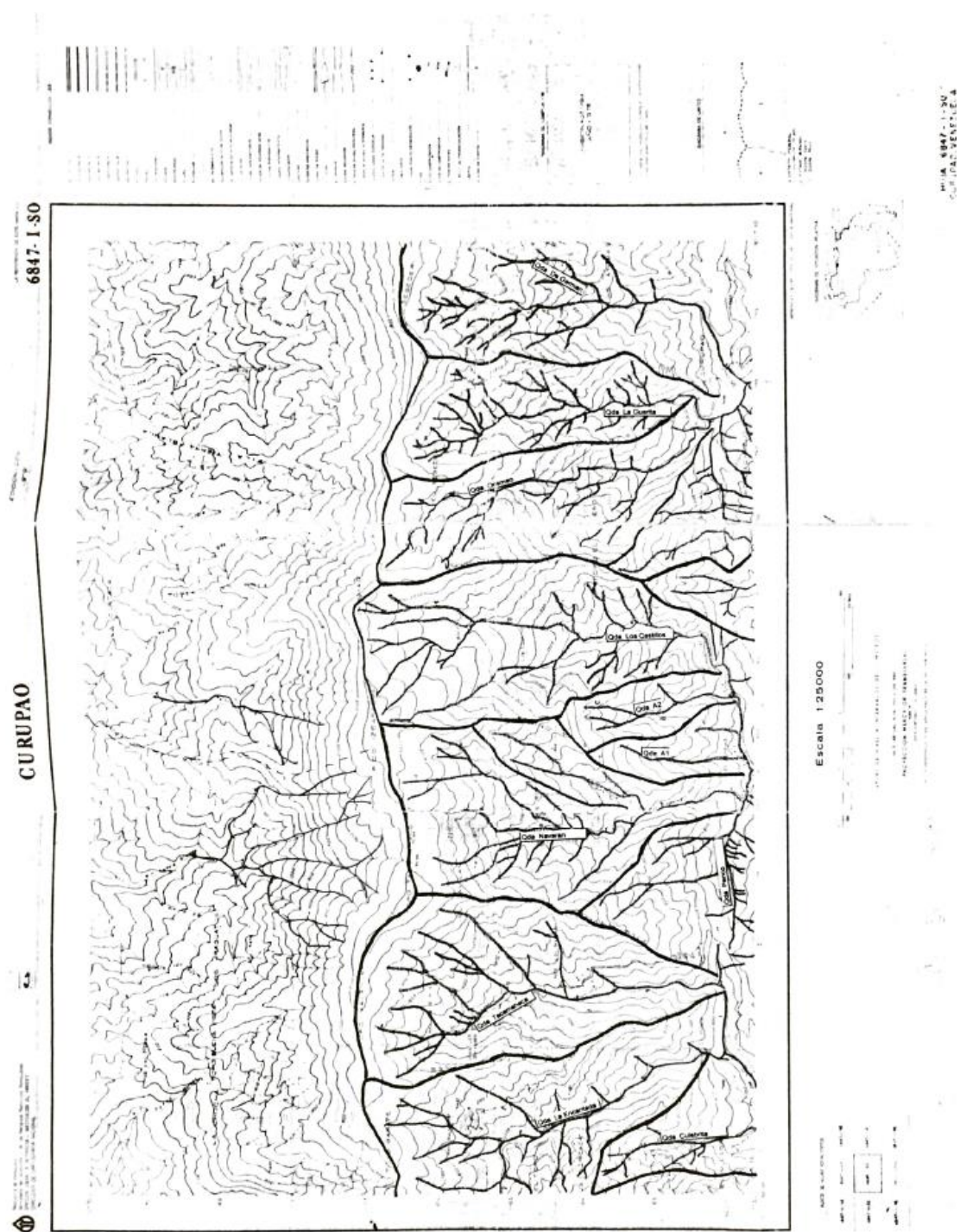
ANEXOS

Anexo A1: Plano Cartográfico 6847-IV-SE (Los Chorros)



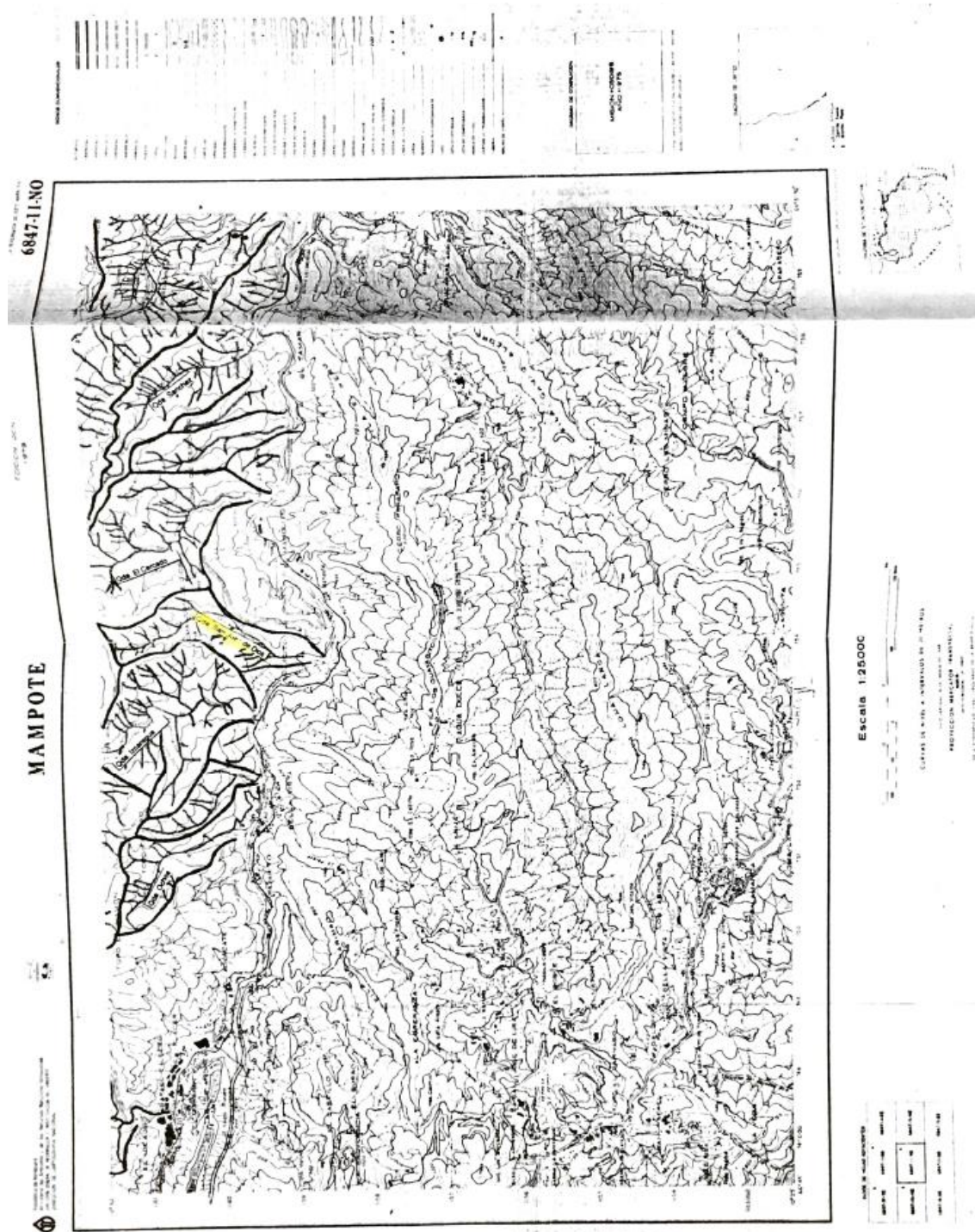
DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALMACENAJE DE AGUA, UTILIZANDO LAS QUEBRADAS DEL ÁVILA A FINES DE USO DE RIEGO

Anexo A2: Plano Cartográfico 6847-I-SO (Curupao)



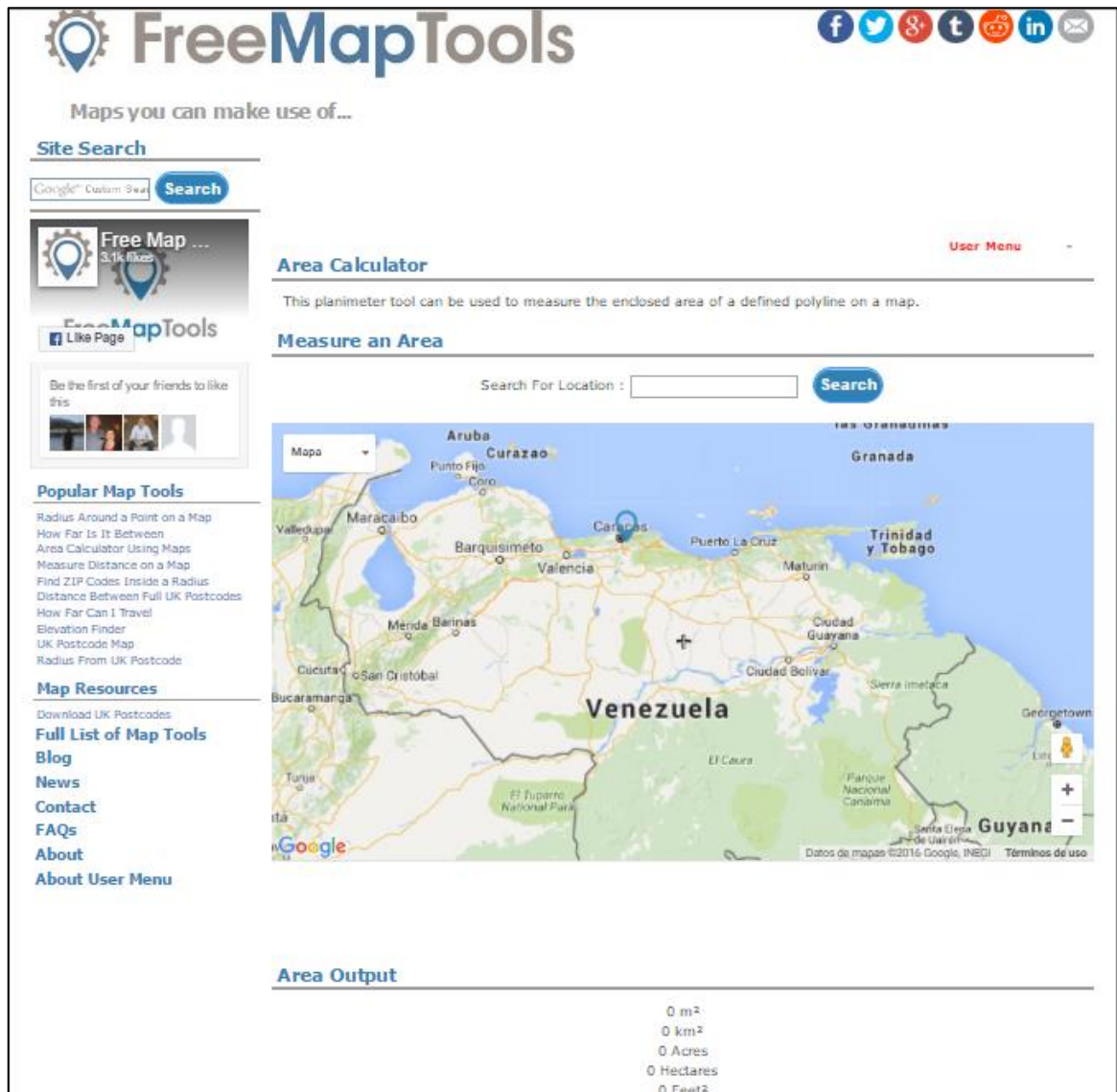
DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALMACENAJE DE AGUA, UTILIZANDO LAS QUEBRADAS DEL ÁVILA A FINES DE USO DE RIEGO

Anexo A3: Plano Cartográfico 6847-II-NO (Mampote)



DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALMACENAJE DE AGUA, UTILIZANDO LAS QUEBRADAS DEL ÁVILA A FINES DE USO DE RIEGO

Anexo A4: Free Map Tools



The screenshot shows the FreeMapTools website interface. At the top, there is a navigation bar with social media icons (Facebook, Twitter, Google+, Tumblr, YouTube, LinkedIn, Email) and a search bar. The main content area is divided into several sections:

- Maps you can make use of...**: A section for site search with a search bar and a "Search" button.
- Area Calculator**: A section describing a planimeter tool for measuring the enclosed area of a defined polyline on a map.
- Measure an Area**: A section with a search bar for location and a "Search" button.
- Popular Map Tools**: A list of tools including "Radius Around a Point on a Map", "How Far Is It Between", "Area Calculator Using Maps", "Measure Distance on a Map", "Find ZIP Codes Inside a Radius", "Distance Between Full UK Postcodes", "How Far Can I Travel", "Elevation Finder", "UK Postcode Map", and "Radius From UK Postcode".
- Map Resources**: A section with links for "Download UK Postcodes", "Full List of Map Tools", "Blog", "News", "Contact", "FAQs", "About", and "About User Menu".

The central part of the page features a map of Venezuela and surrounding regions (Aruba, Curacao, Trinidad y Tobago, Guyana). The map is titled "Venezuela" and shows major cities like Caracas, Valencia, and Ciudad Guayana. A search bar above the map is labeled "Search For Location :".

At the bottom of the page, there is an **Area Output** section with a list of units: 0 m², 0 km², 0 Acres, 0 Hectares, and 0 Feet².

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALMACENAJE DE AGUA, UTILIZANDO LAS QUEBRADAS DEL ÁVILA A FINES DE USO DE RIEGO

Anexo A5: Aplicación de C.O. Clark para Cota 1000 Chacaíto

Área x Precipitación											
ΔT (min)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
	2140,38	1595,56	1225,85	953,44	895,07	428,08					
		2208,62	1646,43	1264,94	983,84	923,61	441,72				
			5304,42	3954,20	3037,99	2362,88	2218,21	1060,88			
				7748,80	5776,38	4437,95	3451,74	3240,41	1549,76		
					10590,23	7894,53	6065,31	4717,47	4428,64	2118,05	
						12290,12	9161,73	7038,89	5474,69	5139,51	2458,02
Σ (m ³)	2140,38	3804,18	8176,70	13921,38	21283,50	28337,16	21338,71	16057,64	11453,09	7257,55	2458,02

Cálculo del Caudal											
Σ (m ³)	2140,38	3804,18	8176,70	13921,38	21283,50	28337,16	21338,71	16057,64	11453,09	7257,55	2458,02
Q (m ³ /seg)	7,13	12,68	27,26	46,40	70,94	94,46	71,13	53,53	38,18	24,19	8,19

Anexo A6: Aplicación de C.O. Clark para Cota 1000 Los Chorros

Área x Precipitación											
ΔT (min)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
	2810,41	2095,03	1609,60	1251,91	1175,26	562,08					
		4100,844	3056,9928	2348,6652	1826,74	1714,8984	820,1688				
			5372,664	4005,0768	3077,071	2393,2776	2246,7504	1074,5328			
				7494,43	5586,76	4292,27	3338,43	3134,04	1498,89		
					10466,15	7802,04	5994,25	4662,19	4376,75	2093,23	
						30790,45	22952,88	17634,53	13715,75	12876,01	6158,09
Σ (m ³)	2810,41	6195,88	10039,26	15100,08	22131,98	47555,01	35352,48	26505,29	19591,39	14969,24	6158,09

Cálculo del Caudal											
Σ (m ³)	2810,41	6195,88	10039,26	15100,08	22131,98	47555,01	35352,48	26505,29	19591,39	14969,24	6158,09
Q (m ³ /seg)	9,37	20,65	33,46	50,33	73,77	158,52	117,84	88,35	65,30	49,90	20,53

Anexo A7: Aplicación de C.O. Clark para Cota 1000 Tacamahaca

Área x Precipitación											
ΔT (min)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
	3616,93	2696,26	2071,52	1611,18	1512,54	723,39					
		7593,70	5660,76	4349,12	3382,65	3175,55	1518,74				
			9082,66	6770,71	5201,88	4045,91	3798,20	1816,53			
				13499,90	10063,56	7731,76	6013,59	5645,41	2699,98		
					12364,57	9217,23	7081,53	5507,85	5170,64	2472,91	
						9051,64	6747,58	5184,12	4032,09	3785,23	1810,33
Σ (m ³)	3616,93	10289,95	16814,93	26230,91	32525,20	33945,47	25159,65	18153,92	11902,71	6258,14	1810,33

Cálculo del Caudal											
Σ (m ³)	3616,93	10289,95	16814,93	26230,91	32525,20	33945,47	25159,65	18153,92	11902,71	6258,14	1810,33
Q (m ³ /seg)	12,06	34,30	56,05	87,44	108,42	113,15	83,87	60,51	39,68	20,86	6,03

Anexo A8: Tabla Muskingum para Cota 1000 Chacaíto

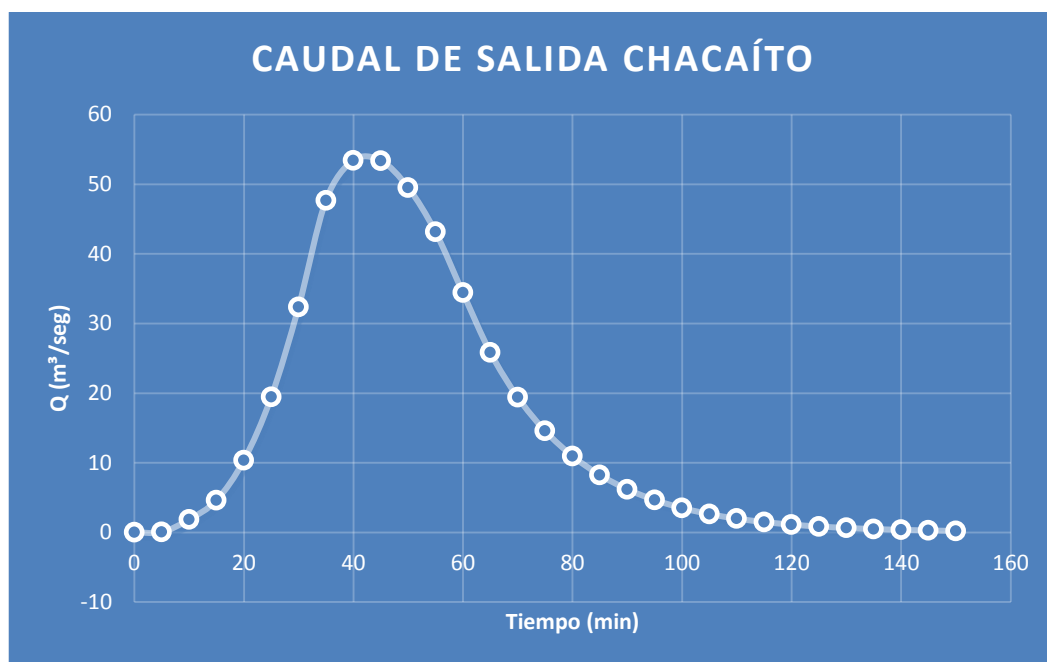
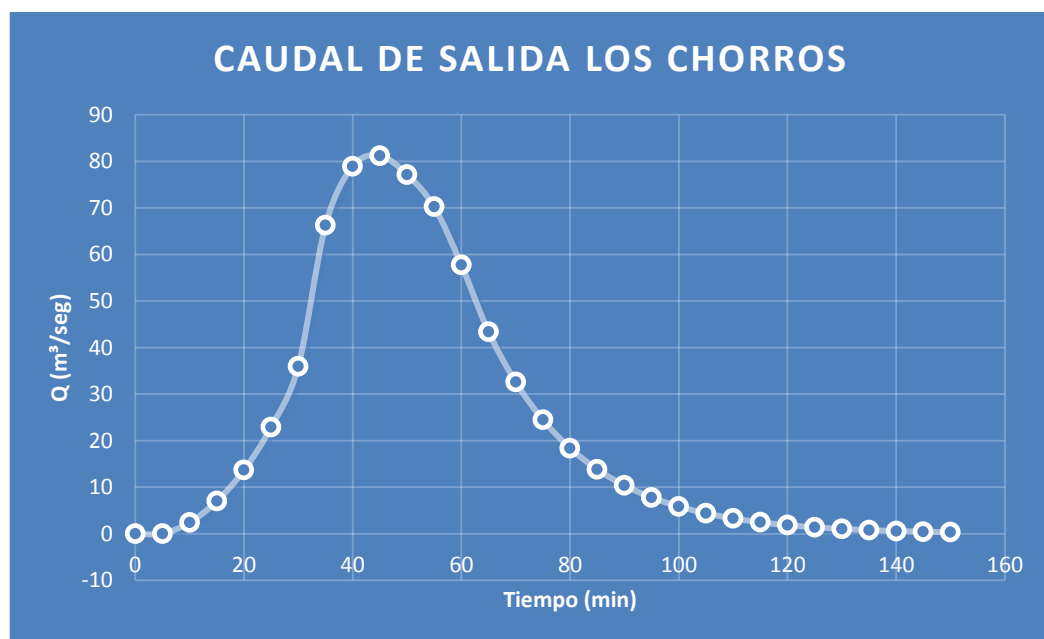
t (min)	Entrada (In)			Salida (Out)	
	Q (m ³ /seg)	C _o I ₂	C ₁ I ₁	C ₂ O ₁	O ₂
0	0	0	0	0	0
5	7,13	0,04	0	0	0,04
10	12,68	0,06	1,74	0,03	1,83
15	27,26	0,14	3,09	1,37	4,60
20	46,40	0,23	6,64	3,46	10,33
25	70,94	0,35	11,31	7,76	19,43
30	94,46	0,47	17,30	14,59	32,36
35	71,13	0,35	23,03	24,31	47,69
40	53,53	0,27	17,34	35,83	53,43
45	38,18	0,19	13,05	40,14	53,38
50	24,19	0,12	9,31	40,10	49,53
55	8,19	0,04	5,90	37,21	43,15
60	0	0	2,00	32,41	34,41
65	0	0	0	25,85	25,85
70	0	0	0	19,42	19,42
75	0	0	0	14,59	14,59
80	0	0	0	10,96	10,96
85	0	0	0	8,23	8,23
90	0	0	0	6,19	6,19
95	0	0	0	4,65	4,65
100	0	0	0	3,49	3,49
105	0	0	0	2,62	2,62
110	0	0	0	1,97	1,97
115	0	0	0	1,48	1,48
120	0	0	0	1,11	1,11
125	0	0	0	0,84	0,84
130	0	0	0	0,63	0,63
135	0	0	0	0,47	0,47
140	0	0	0	0,35	0,35
145	0	0	0	0,27	0,27
150	0	0	0	0,20	0,20

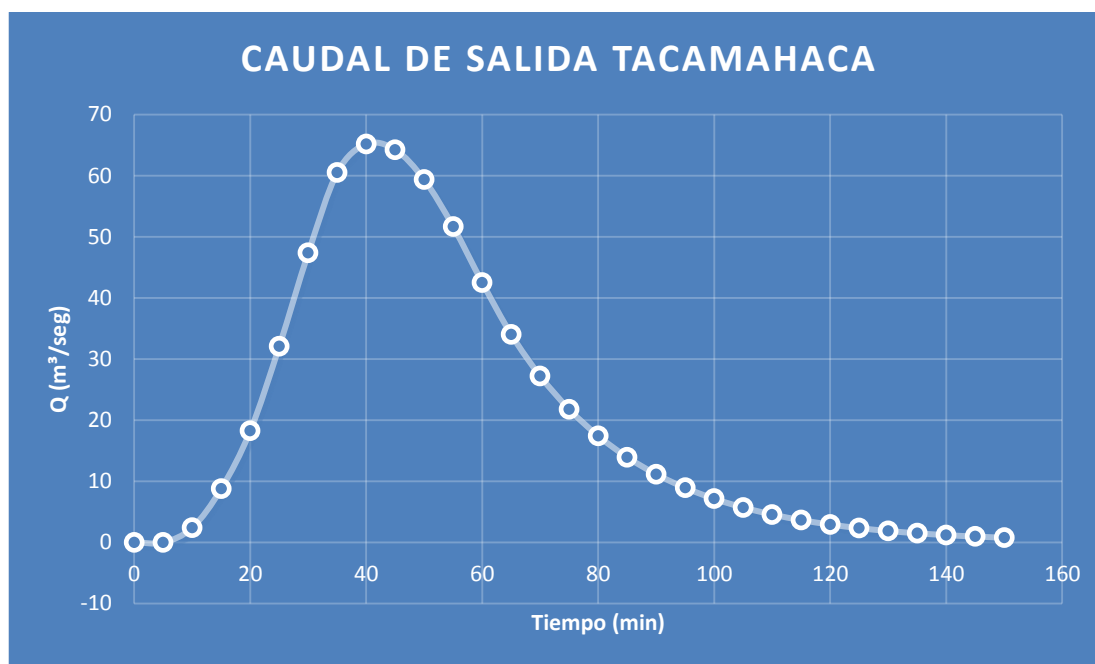
Anexo A9: Tabla Muskingum para Cota 1000 Los Chorros

t (min)	Entrada (In)			Salida (Out)	
	Q (m ³ /seg)	C _o I ₂	C ₁ I ₁	C ₂ O ₁	O ₂
0	0	0	0	0	0
5	9,37	0,05	0	0	0,05
10	20,65	0,10	2,28	0,04	2,42
15	33,46	0,17	5,03	1,82	7,02
20	50,33	0,25	8,16	5,27	13,68
25	73,77	0,37	12,27	10,28	22,92
30	158,52	0,79	17,98	17,22	35,99
35	117,84	0,59	38,64	27,04	66,27
40	88,35	0,44	28,73	49,78	78,95
45	65,30	0,32	21,54	59,31	81,17
50	49,90	0,25	15,92	60,98	77,15
55	20,53	0,10	12,16	57,96	70,22
60	0	0	5,00	52,76	57,76
65	0	0	0	43,39	43,39
70	0	0	0	32,60	32,60
75	0	0	0	24,49	24,49
80	0	0	0	18,40	18,40
85	0	0	0	13,82	13,82
90	0	0	0	10,38	10,38
95	0	0	0	7,80	7,80
100	0	0	0	5,86	5,86
105	0	0	0	4,40	4,40
110	0	0	0	3,31	3,31
115	0	0	0	2,48	2,48
120	0	0	0	1,87	1,87
125	0	0	0	1,40	1,40
130	0	0	0	1,05	1,05
135	0	0	0	0,79	0,79
140	0	0	0	0,59	0,59
145	0	0	0	0,45	0,45
150	0	0	0	0,34	0,34

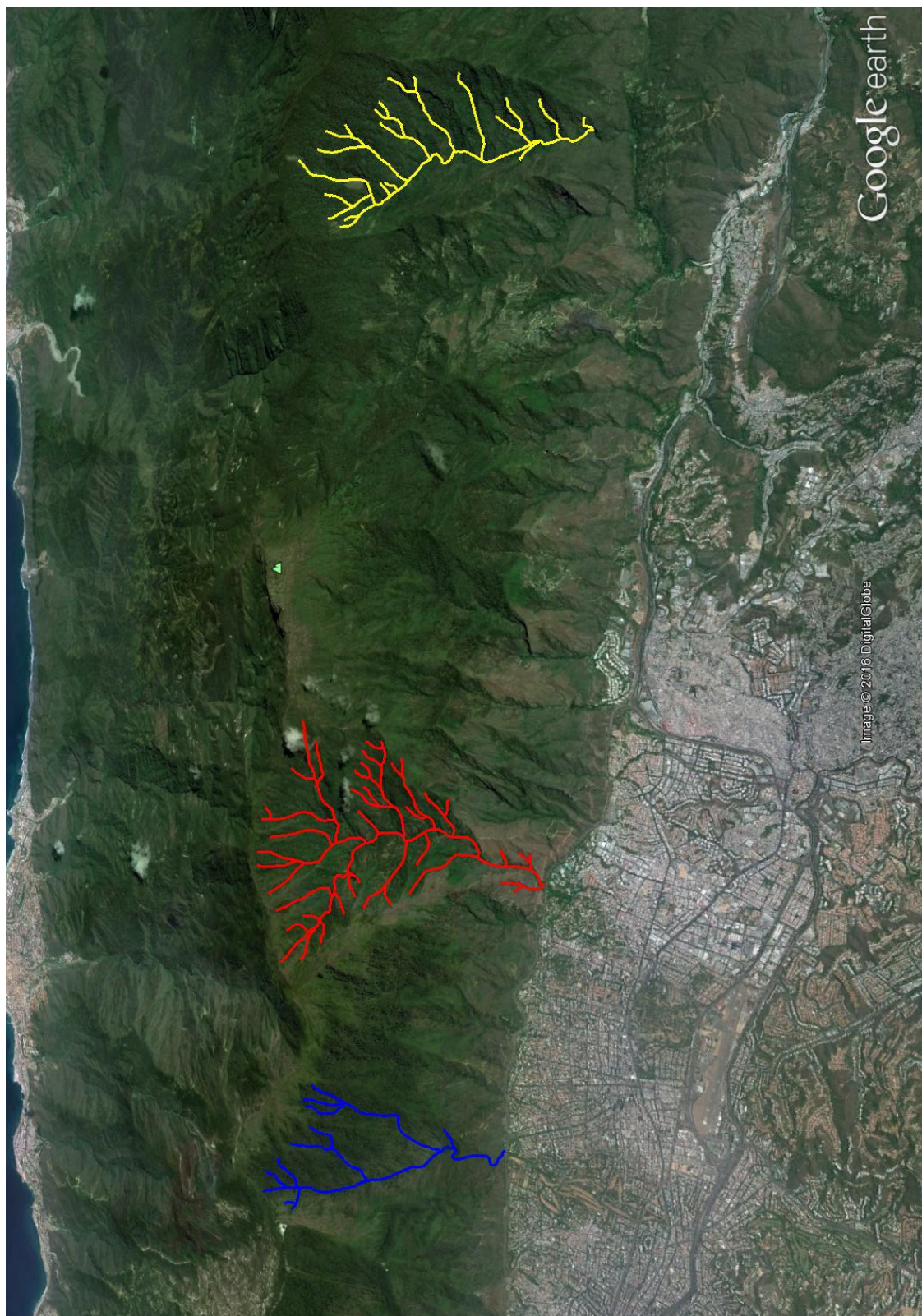
Anexo A10: Tabla Muskingum para Cota 1000 Tacamahaca

t (min)	Entrada (In)			Salida (Out)	
	Q (m ³ /seg)	C _o I ₂	C ₁ I ₁	C ₂ O ₁	O ₂
0	0	0	0	0	0
5	12,06	0,00	0	0	0,00
10	34,30	0,00	2,41	0,00	2,41
15	56,05	0,00	6,86	1,93	8,79
20	87,44	0,00	11,21	7,03	18,24
25	108,42	0,00	17,49	14,59	32,08
30	113,15	0,00	21,68	25,66	47,35
35	83,87	0,00	22,63	37,88	60,51
40	60,51	0,00	16,77	48,41	65,18
45	39,68	0,00	12,10	52,14	64,25
50	20,86	0,00	7,94	51,40	59,33
55	6,03	0,00	4,17	47,47	51,64
60	0	0	1,21	41,31	42,52
65	0	0	0	34,01	34,01
70	0	0	0	27,21	27,21
75	0	0	0	21,77	21,77
80	0	0	0	17,42	17,42
85	0	0	0	13,93	13,93
90	0	0	0	11,15	11,15
95	0	0	0	8,92	8,92
100	0	0	0	7,13	7,13
105	0	0	0	5,71	5,71
110	0	0	0	4,57	4,57
115	0	0	0	3,65	3,65
120	0	0	0	2,92	2,92
125	0	0	0	2,34	2,34
130	0	0	0	1,87	1,87
135	0	0	0	1,50	1,50
140	0	0	0	1,20	1,20
145	0	0	0	0,96	0,96
150	0	0	0	0,77	0,77

Anexo A11: Gráfica del Caudal de Salida para Cota 1000 Chacaíto

Anexo A12: Gráfica del Caudal de Salida para Cota 1000 Los Chorros


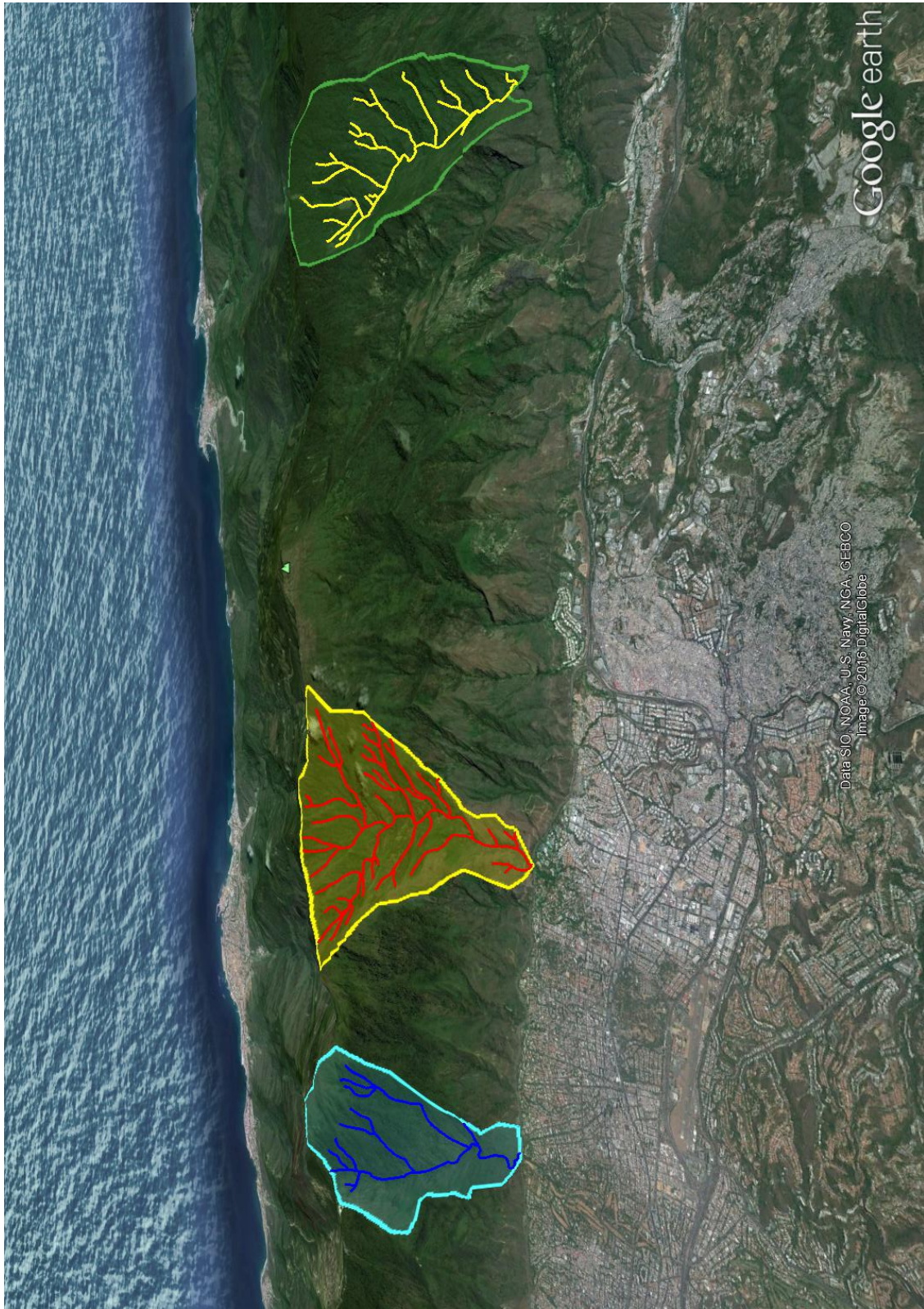
Anexo A13: Gráfica del Caudal de Salida para Cota 1000 Tacamahaca

Anexo A14: Volúmenes para Cota 1000 m.s.n.m.

	Volumen (m³)
Quebrada	Cota Inferior
Chacaíto	2257,50
Los Chorros	3432,15
Tacamahaca	3095,95



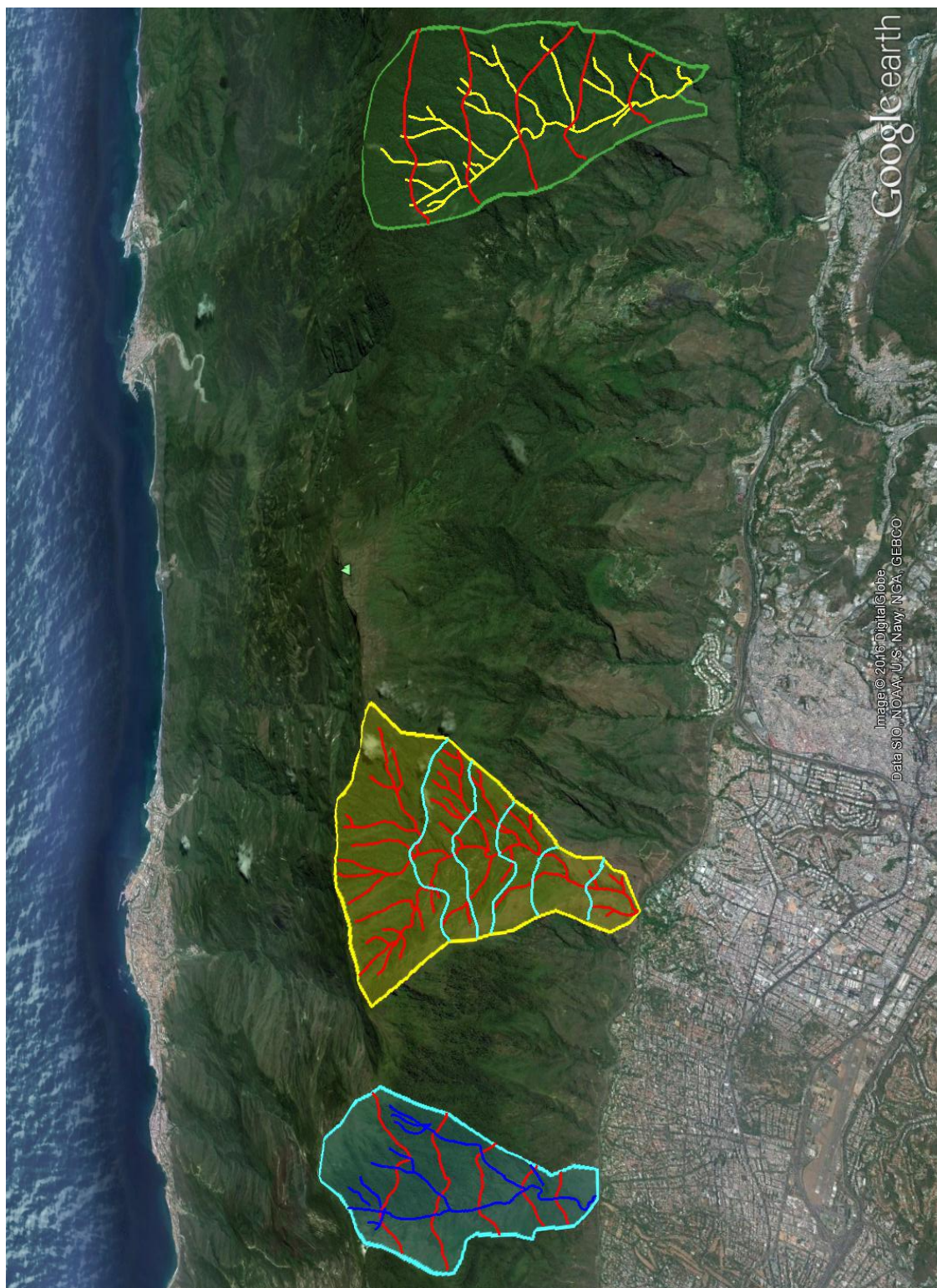
Anexo A15 Mapa de las Quebradas (Chacaíto - Los Chorros - Tacamahaca)
(Fuente: Propia, 2016. Google Earth)

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALMACENAJE DE AGUA, UTILIZANDO LAS QUEBRADAS DEL ÁVILA A FINES DE USO DE RIEGO



Anexo A16: Mapa de las Cuencas de las Quebradas (Chacaíto - Los Chorros - Tacamahaca)
(Fuente: Propia, 2016. Google Earth)

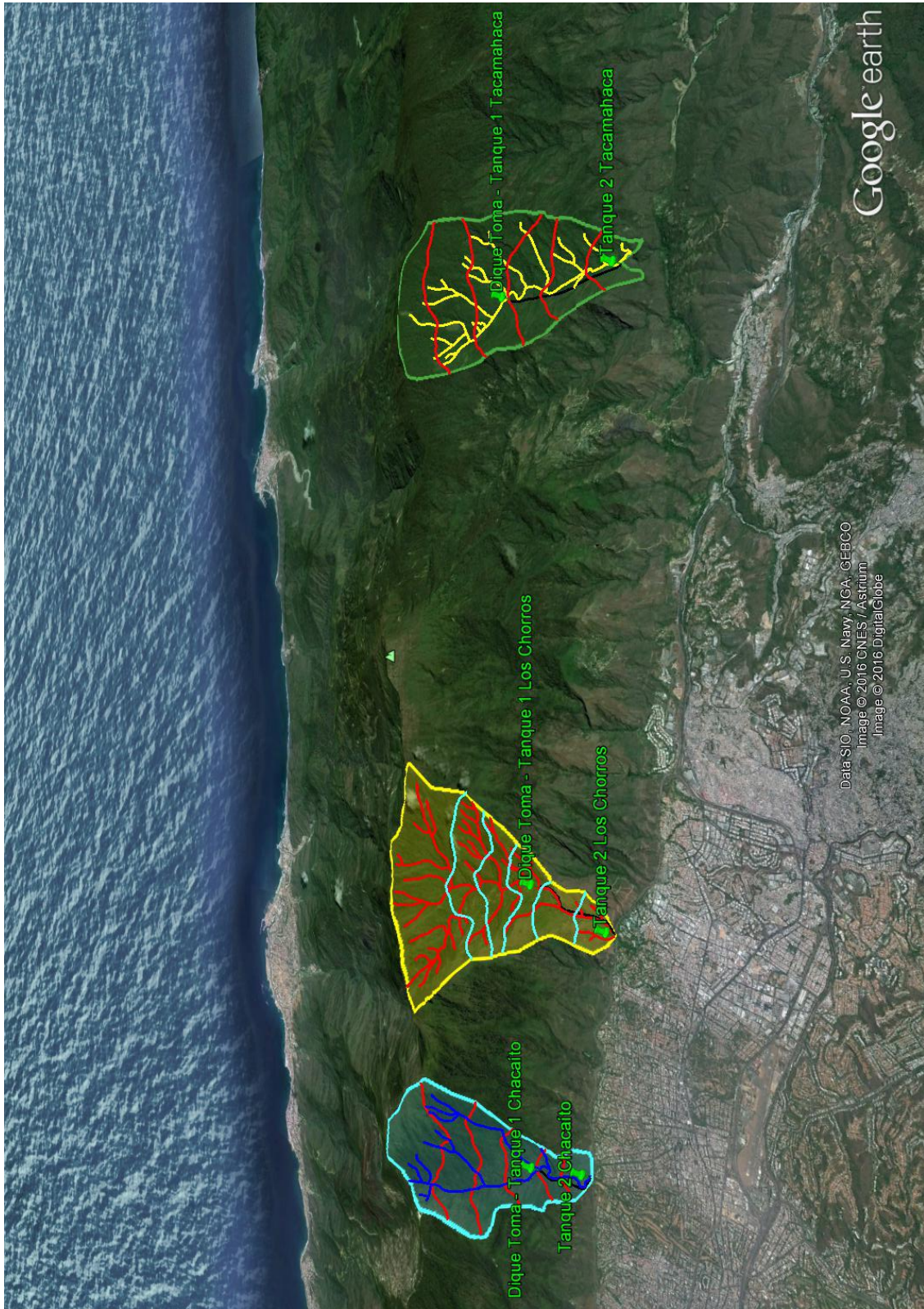
DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALMACENAJE DE AGUA, UTILIZANDO LAS QUEBRADAS DEL ÁVILA A FINES DE USO DE RIEGO



Anexo A17: Mapa de las Isócronas de las Quebradas (Chacaíto - Los Chorros - Tacamahaca)

(Fuente: Propia, 2016. Google Earth)

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALMACENAJE DE AGUA, UTILIZANDO LAS QUEBRADAS DEL ÁVILA A FINES DE USO DE RIEGO



DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALMACENAJE DE AGUA, UTILIZANDO LAS QUEBRADAS DEL ÁVILA A FINES DE USO DE RIEGO

Anexo A18: Mapa de los Dique-Tomas y Tanques de las Quebradas (Chacaíto - Los Chorros - Tacamahaca)

(Fuente: Propia, 2016. Google Earth)