

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO BOLÍVAR  
ESCUELA CIENCIAS DE LA TIERRA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO Y  
VIDA ÚTIL DE LA REPRESA WARÁ II, MUNICIPIO GRAN  
SABANA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA.**

**TRABAJO FINAL DE  
GRADO PRESENTADO  
POR EL BACHILLER  
SALAZAR R., WILDER M.  
PARA OPTAR AL TÍTULO  
DE INGENIERO CIVIL.**

**CIUDAD BOLÍVAR, JULIO DE 2019**



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO BOLÍVAR  
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ACTA DE APROBACIÓN**

Este Trabajo de Grado, titulado: **“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO Y VIDA ÚTIL DE LA REPRESA WARÁ II, MUNICIPIO GRAN SABANA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA.”**, presentado por el bachiller **SALAZAR RINCONES, WILDER MIGUEL** de cédula de identidad No **23.552.263**, como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO CIVIL**, ha sido **APROBADO** por el jurado integrado por los profesores de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente.

Nombre:

Firma:

Prof. Dafnis Echeverría

\_\_\_\_\_  
(Asesor)

\_\_\_\_\_

Prof(a). Josefina Jiménez.

\_\_\_\_\_  
(Jurado)

\_\_\_\_\_

Prof(a). Beatriz Echeverría

\_\_\_\_\_  
(Jurado)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Prof. Pedro Gamboa  
Jefe de Dpto. de Ing. Civil

\_\_\_\_\_  
Prof. Francisco Monteverde  
Director de Escuela de Ciencias de la Tierra

En Ciudad Bolívar, a los 18 días del mes de Julio de 2019

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este logro a mis padres, a mi padre José Salazar y a mi madre Cilde Rincones quienes me han apoyado incondicionalmente, son mi pilar fundamental, mis ganas de luchar y crecer cada día como persona y profesional, a ellos debo todo, mi vida, mi educación, todo lo que hoy en día soy.

A mi tía Mariela Rincones quien ha servido de motivación durante este proceso de mi formación profesional.

A mis familiares quienes han servido de apoyo desde el comienzo.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar quiero agradecer a Dios por otorgarme la bendición de despertar cada día, ver un nuevo amanecer y otorgarme la salud necesaria para lograr este objetivo.

A mi amado padre y a mi amada madre quienes me han formado desde el comienzo para ser un hombre de bien, inculcando en mí, buenos valores y principios, además que con amor, esfuerzo, esmero y dedicación, garantizaron mis estudios en todo aspecto, gracias a ellos por todo lo que me han brindado, por su apoyo incondicional gracias mamá, gracias papá.

A mi familia por su apoyo en todo momento, por su preocupación y por su aporte para la culminación de mi carrera, en especial a mi hermosa tía Mariela Rincones, quien con su carisma y apoyo sirvió de motivación para el comienzo de mis estudios en esta prestigiosa universidad.

A la casa más alta de estudio, a nuestra Universidad de Oriente, nuestra UDO, por permitir nuestra formación como grandes profesionales de este país.

A mis profesores de la carrera de Ingeniería Civil por guiarnos y compartir sus conocimientos para nuestra formación universitaria, quienes con esfuerzo y dedicación lograban cada día enseñarnos algo nuevo de nuestra carrera.

A mi tutor académico Dafnis Echeverría por su dedicación y conocimientos brindados para la culminación de esta tesis.

## RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en la cuenca media del río Wará, específicamente en la represa Wará II, en el municipio Gran Sabana, estado Bolívar. El objetivo del estudio es presentar la caracterización de la capacidad de almacenamiento y la vida útil de la represa antes mencionada. Para el desarrollo de este objetivo se aplicó una metodología de investigación de tipo descriptiva con un diseño de campo y documental. Para el logro de la investigación se realiza un reconocimiento del área de estudio; luego, se efectuó el levantamiento topográfico del embalse y se construyó a partir de él, un plano topográfico y las secciones transversales, lo cual permitirá describir geomorfológicamente dicha zona. Se realizó la cuantificación de los volúmenes de sedimentos o azolves contenidos en el embalse con base a la construcción del plano topográfico y su comparación con el plano topográfico correspondiente a las condiciones previas a la construcción del embalse (2007). Se determinó como es la distribución de los sedimentos que se han depositado durante la vida operativa de la represa, es decir durante la última década. Se tomaron seis (6) muestras de los suelos del lecho del embalse escogidas de acuerdo a un criterio de naturaleza opinática y se procedió a la clasificación de las muestras de acuerdo al Sistema de Clasificación Unificada de Suelos. Se describió la distribución de los sedimentos presentes en el embalse. Entre los resultados relevantes se concluyó que el vaso de almacenamiento tiene una capacidad actual total de 339.21 m<sup>3</sup> de agua; sin embargo, su capacidad original de diseño era de 1499 m<sup>3</sup>. Se estima que la vida útil de la represa es de alrededor de 84 años considerando una sedimentación promedio anual de 4.04 m<sup>3</sup>/año.

# CONTENIDO

	Página
<b>ACTA DE APROBACIÓN</b> .....	II
<b>DEDICATORIA</b> .....	III
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	IV
<b>RESUMEN</b> .....	V
<b>CONTENIDO</b> .....	VI
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	X
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	XI
<b>LISTA DE APÉNDICES</b> .....	XII
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	XIII
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I: SITUACIÓN A INVESTIGAR</b> .....	4
1.1 Planteamiento del problema .....	4
1.2 Objetivos de la investigación .....	6
1.2.1 Objetivo general .....	6
1.2.2 Objetivos específicos .....	6
1.2 Justificación de la investigación .....	7
1.3 Alcance de la investigación .....	7
<b>CAPÍTULO II: GENERALIDADES</b> .....	8
2.1 Ubicación del área de estudio .....	8
2.2 Clima .....	9
2.3 Hidrografía .....	11
2.4 Geología .....	12
2.5 Geomorfología .....	13
2.6 Suelos .....	15
2.7 Erosión .....	17
2.8 Vegetación del área de estudio .....	19

2.9 Fauna del área de estudio .....	21
<b>CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>23</b>
3.1 Antecedentes o estudios previos.....	23
3.2 Bases teóricas .....	24
3.2.1 Embalses .....	24
3.2.2 Métodos para la estimación de la distribución de sedimentos en los embalses.....	33
3.2.3 Eficiencia de atrapamiento de los sedimentos .....	42
3.3 Bases Legales .....	47
3.3.1 Ley de aguas .....	47
3.4 Definición de términos básicos .....	49
3.4.1 Afluentes.....	49
3.4.2 Aliviadero .....	49
3.4.3 Área del embalse.....	49
3.4.4 Ataguía.....	49
3.4.5 Auscultación .....	49
3.4.6 Avenida.....	50
3.4.7 Avenida de proyecto .....	50
3.4.8 Caudal .....	50
3.4.9 Coronación.....	50
3.4.10 Corte.....	50
3.4.11 Cuenca hidrográfica .....	51
3.4.12 Cuenca vertiente .....	51
3.4.13 Derivar .....	51
3.4.14 Desagüe de fondo.....	51
3.4.15 Distancia de resguardo.....	51
3.4.16 Erosión .....	52
3.4.17 Espesor de tongada del hormigón.....	52
3.4.18 Estabilidad .....	52

3.4 19 Evaporación .....	52
3.4.20 Longitud de la coronación de la presa. ....	52
3.4.21 Márgenes del embalse.....	52
3.4.22 Nivel aguas abajo.....	53
3.4.23 Nivel mínimo de explotación.....	53
3.4.24 Órgano de desagüe.....	53
3.4.25 Pie de la presa .....	53
3.4.26 Talud .....	53
3.4.27 Toma de agua.....	54
3.4 28 Umbral de los aliviaderos .....	54
3.4.29 Volumen activo.....	54
3.4.30 Volumen de control de avenidas.....	54
3.4.31 Volumen de la presa .....	54
3.4.32 Volumen de nivelación.....	55
3.4 33 Volumen del embalse.....	55
3.4-34 Volumen inactivo .....	55
3.4.35 Volumen muerto .....	55
3.4.36 Volumen útil .....	55
3.4.37 Zona inundable .....	56
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE TRABAJO.....</b>	<b>57</b>
4.1 Tipo de investigación .....	57
4.2 Diseño de investigación.....	57
4.2.1 Investigación de campo .....	57
4.2.2 Investigación documental .....	58
4.3 Población y muestra de la investigación .....	58
4.3.1 Población de la investigación .....	58
4.3.2 Muestra de la investigación .....	59
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	59
4.4.1 Técnicas de recolección de datos.....	59

4.4.2 Instrumentos de recolección de datos .....	60
4.5 Flujograma de la metodología de trabajo .....	60
4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos .....	61
4.6.1 Recopilación de la información y reconocimiento de campo .....	62
4.6.2 Determinación de la geometría y dimensiones del embalse .....	62
4.6.3 Estimación del volumen útil y volumen muerto de diseño del embalse.....	62
4.6.5 Estimación de la vida útil proyectada de la represa con base a la sedimentación ocurrida durante su operación.....	63
<b>CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>64</b>
5.1 Geometría y dimensiones del vaso de almacenamiento y el dique o presa del embalse Wará II.....	64
5.1.1 Geometría y dimensiones del embalse .....	64
5.1.2 Dimensiones y geometría del dique de concreto .....	66
5.2 Alturas y volúmenes características de diseño del embalse Wará II.....	68
5.2.2 Volúmenes característicos de diseño .....	69
5.3 Curva de áreas y capacidades actual de la represa Wará II.....	70
5.3.1 Nivel de aguas muertas del embalse.....	71
5.4 Vida útil proyectada del embalse Wará II .....	74
5.4.1 Volumen de azolves depositados durante tiempo operativo del embalse....	75
5.4.2 Capacidad actual o volumen disponible .....	76
5.4.3 Vida útil proyectada.....	76
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>83</b>
Conclusiones .....	83
Recomendaciones .....	84
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>85</b>
<b>APÉNDICES.....</b>	<b>89</b>

## LISTA DE FIGURAS

		Página
2.1	Ubicación relativa del área de estudio.....	8
2.2	Ubicación del área de estudio en imagen de satélite Landsat (Google Earth, 2016).....	9
2.3	Río Wará aguas abajo del dique Wará II.....	11
2.4	Hidrografía de la subcuenca del río Uairén (CVG EDELCA, 1983)..	12
2.5	Pendientes de Wará (Figuroa, M. 2007).....	15
2.6	Cobertura vegetal de la cuenca del río Caroní (CVG-EDELCA, 2004).....	20
3.1	Embalse de Gurí, Venezuela.....	24
3.2	Ilustración de cada uno de los elementos de la ecuación de distribución de sedimentos por el método del área incremental. (Gaspar, J., pág. 47).....	35
3.3	Clasificación de embalses mediante la relación profundidad – capacidad. (Raide, J., pág. 91).....	38
3.4	Esquema para la explicación del método de la reducción empírica de áreas. (Gaspar, J., pág. 49).....	42
3.5	Curva de eficiencia de atrapamiento por Brown (U.S Army Corps of Engineers, 1989).....	44
3.6	Curva de eficiencia de atrapamiento por Brune. (U.S Army Corps of Engineers, 1989).....	45
3.7	Curva de eficiencia de atrapamiento por Churchill ( U.S Army Corps of Engineers, 1989).....	47
4.1	Flujograma de la investigación.....	62
5.1	Superficie de triangulación de coordenadas para construcción del plano topográfico del embalse Wará II correspondiente al año 2007....	65
5.2	Esquema topográfico del lecho actual del embalse Wará II.....	66
5.3	Vista frontal vertical del dique de concreto Wará II.....	67
5.4	Vista en planta del dique de concreto Wará II.....	67
5.5	Vista lateral del dique de concreto Wará II.....	67
5.6	Esquema de alturas características de la represa Wará II.....	69
5.7	Curva de áreas y capacidades original para el año 2007.....	69
5.8	Curva de áreas y capacidades del dique Wará II.....	70
5.9	Gráfico de clasificación del embalse.....	73
5.10	Estimación de la altura de los sedimentos al pie de la presa Wará II....	74
5.11	Curva de Heinemann, (1981) para pequeños reservorios.....	81

## LISTA DE TABLAS

		Página
2.1	Precipitación media anual en la región hidrográfica río Caroní, sector alto y la subcuenca del río Uairén (mm). (CVG-EDELCA, 2003. CVG-EDELCA, 1983).....	10
2.2	Valores anuales promedios de las principales variables meteorológicas en la región hidrográfica río Caroní, sector alto y la subcuenca del río Uairén (mm). (CVG-EDELCA, 2003. CVG-EDELCA, 1983).....	10
2.3	Composición geológica de la Subcuenca del río Uairén. (CVG-EDELCA, 1983).....	13
2.4	Características de los suelos en Wará (CVG EDELCA, 1983).....	16
2.5	Descripción erosión fuerte (CVG EDELCA, 2003).....	17
3.1	Valores de m para cada clasificación de embalses según la distribución de sedimentos por reducción empírica de áreas.....	38
3.2	Constantes características para cada clasificación de embalses.....	40
4.1	Valores interpretativos del factor forma (Pérez, 1979).....	54
4.2	Valores interpretativos de la pendiente de la cuenca (Pérez, 1979).....	55
5.1	Estimación de la función h(p) en función de la profundidad relativa.	72
5.2	Tipos de embalse (USBR, 1962).....	73
5.3	Estimación de volumen de azolves en el embalse Wará II.....	75
5.4	Clasificación de los embalses de acuerdo a su operación (USBR, 1987).....	77
5.5	Peso específico de la arcilla, limo y arena según la clasificación de operación del embalse (Yang, 1986).....	77
5.6	Valores de K para arena, limo y arcilla de acuerdo a la operación del embalse (Yang, 1986).....	79

## LISTA DE APÉNDICES

	Páginas
<b>APÉNDICE A</b>	90
<b>DATOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL DIQUE Y EMBALSE WARÁ II.....</b>	90
A.1 Cálculo de puntos de interés en el dique y embalse Wará II.....	91
<b>APÉNDICE B</b>	92
<b>MODELO 3D DEL EMBALSE WARÁ II.....</b>	92
B.1 Modelo 3D del embalse Wará II.....	93

## **LISTA DE ANEXOS**

- 1 MAPA BATIMÉTRICO DEL EMBALSE WARÁ II (05/2018)
- 2 MAPA BATIMÉTRICO DEL EMBALSE WARÁ II (02/2007)

## INTRODUCCIÓN

Los embalses constituyen una de las modificaciones más sustanciales que el hombre introduce en su medio ambiente; mediante ellos crea y destruye ecosistemas, modifica regímenes hidrológicos, afecta el clima, desplaza personas, pero también asegura el abastecimiento vital de agua y regula grandes crecientes que podrían constituir un riesgo para la población.

En nuestro país, el carácter estacional de las lluvias ha marcado periodos claramente diferenciados de avenida y estiaje. Esto aunado a la mayor concentración poblacional en las zonas áridas del territorio nacional ha conllevado a la construcción de grandes reservorios para aprovechar los excedentes del periodo húmedo y utilizarlo en el periodo seco.

Sin embargo, en muchos de los reservorios construidos se han presentado graves problemas de sedimentación, particularmente después de la ocurrencia del fenómeno El Niño de 1997-1998. La presencia del embalse motiva la disminución de velocidad de la corriente, lo que produce la decantación de las partículas sólidas. La acumulación de sedimentos puede originar problemas de diversa índole, llegando incluso a colmatar totalmente el reservorio, inutilizándolo.

Los factores relacionados con la sedimentación en el interior del reservorio incluyen factores relacionados con la producción y transporte de sedimentos hasta el reservorio, el movimiento de los sedimentos en el interior y la salida de los mismos a través de las estructuras de evacuación. White y Bettes (1984) definen, entre los factores existentes, la geología y la hidrología de la cuenca de drenaje, las prácticas de uso de tierra y la naturaleza de los propósitos ingenieriles.

Una práctica de diseño de reservorios postula mantener una zona de su volumen destinada al almacenamiento de los sedimentos durante toda su vida útil, llamada volumen muerto. Esto tiene como inconveniente el encarecer el costo de la estructura. Además la decantación de los sedimentos no se realiza necesariamente en esta zona, llegando a involucrar el volumen útil del reservorio. En añadidura, se produce un proceso de acumulación de sedimentos y de nutrientes en el embalse, con consecuencias negativas para el tramo de aguas abajo del cauce.

La presente investigación se desarrolla en la represa Wará II en el río Wará, municipio Gran Sabana, estado Bolívar. Esta represa fue construida hace una década para el abastecimiento de la población de Santa Elena de Uairén. Sin embargo, su construcción obedeció a las potenciales necesidades futuras de agua derivadas de la inoperatividad eventual de la represa Wará I.

A tal fin, se desarrolla en este documento una investigación de nivel descriptivo para la cual se utilizará una estrategia de tipo documental y de campo. La investigación permitirá caracterizar el cuerpo de agua, sus sedimentos y el embalse propiamente dicho.

Se realizan estimaciones del volumen útil y del volumen muerto utilizado para el diseño de la presa en función de las dimensiones que se le dieron al dique de concreto y a las alturas características del embalse. Asimismo, se efectúan estimaciones de la vida útil remanente de la represa en función de la cantidad de sedimentos que se han depositado durante la vida operativa que ha tenido la represa.

Finalmente se presentan algunas sugerencias para el control operativo de la represa y racionalizar el uso del recurso hídrico y la preservación de la obra hidráulica.

Esta investigación se estructura en cinco (5) capítulos:

En el Capítulo I. Situación a investigar. Se presenta el planteamiento del problema, los objetivos, justificación, alcance y limitaciones del estudio.

El Capítulo II. Generalidades: corresponde a los aspectos que describen al área de estudio como ubicación geográfica y características físico naturales y que no están incluidos en los objetivos específicos de la investigación.

El Capítulo III Marco teórico presenta los antecedentes de investigación, los criterios teóricos y las bases legales en las cuales se sustenta la investigación.

Capítulo IV. Metodología de la investigación. Muestra la metodología empleada para la realización de la investigación. Se desarrolla en él, el tipo y diseño de la investigación, la descripción de la población y la muestra, así como también las técnicas e instrumentos utilizados en la investigación y el flujograma de investigación.

En el Capítulo V, se presenta el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en cada una de las etapas de la metodología aplicada.

Finalmente, se exponen las conclusiones y recomendaciones más relevantes como consecuencia final del estudio para dar cumplimiento a los objetivos planteados.

# CAPÍTULO I

## SITUACIÓN A INVESTIGAR

### 1.1 Planteamiento del problema

El agua es un recurso vital para el bienestar de nuestra civilización y representa un elemento indispensable en el crecimiento y desarrollo, siendo al mismo tiempo una condición básica para la buena salud del medio ambiente mundial.

Sólo una pequeña parte de esta agua es dulce y apropiada para el consumo humano, para el regadío de los campos y para el uso industrial. Igualmente comprobarán que recibimos una cantidad fija de agua de lluvia y que tan sólo una pequeña parte de ella riega efectivamente el suelo. De ésta un porcentaje significativo va a parar a los cursos de agua y los ríos para a continuación verter en los océanos. Todo esto no deja más que una cantidad pequeña de agua disponible para el uso humano y para la infiltración en el suelo permitiendo rellenar las capas subterráneas, lo que convierte en más que necesario la captación, el embalsado y la gestión del agua en los embalses.

Es necesario también comprender que no siempre se hace un buen uso del agua que resulta contaminada en múltiples lugares. En algunas regiones del mundo, la vida está amenazada por el desequilibrio entre las necesidades y los recursos disponibles de agua, en alimentos y en energía.

La demanda de agua, debida a la expansión de la población mundial y del crecimiento económico, ha aumentado la necesidad de construir presas que permitan almacenar grandes volúmenes de agua. Hoy las presas y los embalses continúan sirviendo para estos mismos objetivos, respondiendo así a las necesidades a la vez

sociales y económicas del mundo. Además, son compatibles con el medio ambiente natural de cada región. Comprobarán todas las ventajas que se pueden obtener de las presas en lo que concierne el abastecimiento de agua, el regadío, el control de avenidas, la energía hidroeléctrica y también la navegación fluvial y el ocio.

El beneficio de los embalses en épocas de sequía se manifiesta en una mayor entrega de agua a sus usuarios, de la que naturalmente les llegaría en épocas de sequía, pues parte del agua almacenada durante la temporada de lluvias se guarda para su posterior utilización.

Además de generar energía y abastecer las necesidades de agua potable y riego, los embalses se han convertido en destinos turísticos que traen desarrollo a las regiones, permiten otras actividades alternativas como la recreación, pesca y la acuicultura, lo que favorece el desarrollo económico de las comunidades.

En el municipio Gran Sabana, en el río Wará, fue construida la represa Wará II para el almacenamiento de agua y su posterior suministro a los habitantes de la población de Santa Elena de Uairén. Sin embargo, esta represa padece actualmente de algunos problemas operativos y estructurales que entorpecen su normal desempeño por lo cual se hace necesario llevar a cabo una investigación diagnóstica para describir cabalmente los problemas que adolece y su impacto ambiental.

Dado el planteamiento anterior, cabe plantearse las siguientes interrogantes de investigación:

¿Cuáles son las características geométricas y dimensionales de los elementos integrantes de la represa Wará II?

¿Cuáles son los volúmenes característicos de la represa Wará II?

¿Cuáles son las alturas características del diseño original de la represa Wará II?

¿Cuál es la vida útil proyectada de la represa Wará II con base a la sedimentación ocurrida desde su construcción?

¿Cómo es la correlación de los parámetros: nivel, volúmenes almacenados y áreas inundadas del embalse?

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Evaluar la capacidad de almacenamiento y la vida útil de la represa Wará II ubicada en el río Wará, municipio Gran Sabana, estado Bolívar, Venezuela.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

1. Describir la geometría y dimensiones del vaso de almacenamiento y el dique o presa del embalse Wará II.
2. Cuantificar los volúmenes y alturas características de diseño del embalse Wará II.
3. Cuantificar los volúmenes y alturas características actuales del embalse Wará II.
4. Estimar la vida útil proyectada del embalse Wará II con base a la sedimentación recibida durante su funcionamiento.

5. Correlacionar los parámetros dimensionales: nivel del agua, volumen almacenado y área inundada mediante la curva de áreas y capacidades de la represa Wará II.

## **1.2 Justificación de la investigación**

Debido a la importancia que reviste el agua almacenada en la represa Wará II y suministrada para el consumo de los habitantes de la población de Santa Elena de Uairén es de vital importancia la cuantificación de los volúmenes almacenados en el vaso de dicha represa.

En vista de ello, es necesario realizar la presente investigación con la finalidad de evaluar la capacidad de almacenamiento que actualmente dispone la represa Wará II. Así como también determinar la vida útil de dicha presa con la finalidad de proyectar su potencialidad de uso futuro.

## **1.3 Alcance de la investigación**

La determinación de la capacidad de almacenamiento del embalse y su potencial vida útil ameritará una investigación en la cual se deberán correlacionar parámetros dimensionales e hidráulicos del embalse Wará II, tales como el nivel de la superficie del agua, los volúmenes almacenados y las áreas inundadas.

También se evaluará las alturas características del embalse, se determinará su volumen muerto y su volumen útil y las potencialidades futuras del embalse en cuanto a su capacidad de suministrarles agua a los habitantes de la población de Santa Elena de Uairén.

## CAPÍTULO II

### GENERALIDADES

#### 2.1 Ubicación del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en el río Wará, en el municipio Gran Sabana, estado Bolívar. Específicamente, se encuentra al Oeste de la población Santa Elena de Uairén (capital del municipio). Wará II se encuentra geográficamente ubicada de acuerdo a las coordenadas UTM (REGVEN): N 511164 y E 706790.

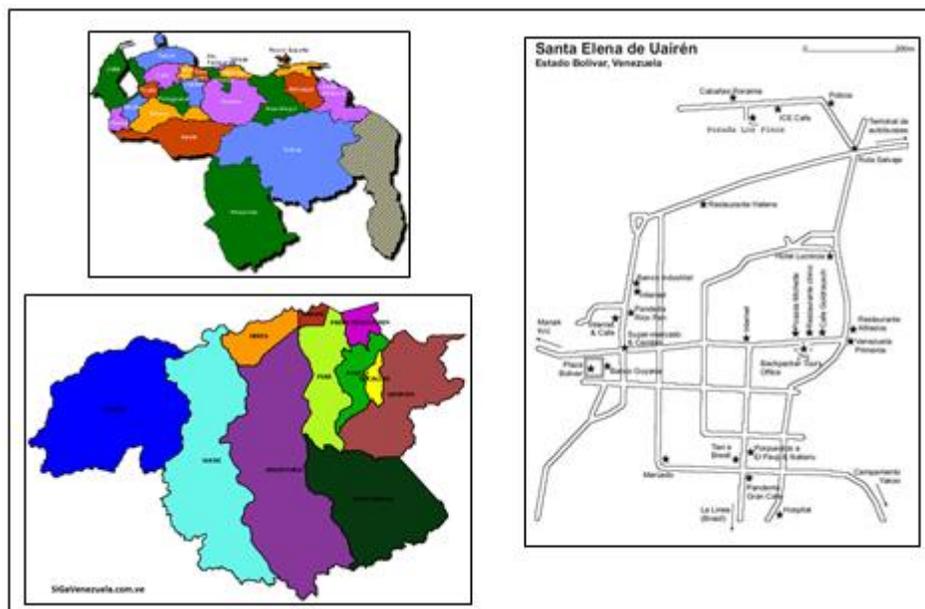


Figura 2.1 Ubicación relativa del área de estudio



Figura 2.2 Ubicación del área de estudio en imagen de satélite Landsat (Google Earth, 2016).

## 2.2 Clima

De acuerdo al Estudio Físico Geográfico de la Subcuenca del río Uairén (1983), el clima de esa subcuenca es húmedo tropical con precipitaciones distribuidas regularmente a lo largo de todo el año y altos valores de insolación. Las variables de precipitación, evaporación, temperatura, humedad, radiación y vientos están determinadas por:

“Los efectos orográficos relacionados con la existencia de un gran número de elevaciones que modifican la dirección de los vientos, ocasionan el ascenso de las masas de aire que causan la condensación de la humedad transportada, permite la formación de nubosidad e inciden sobre la radiación recibida” (CVG-EDELCA, 2004, p. 46).

En cuanto a la precipitación en la subcuenca del río Uairén, es por convección tipo torrencial con régimen anual bimodal. El período seco se experimenta de diciembre a abril, febrero es el mes de menor pluviosidad. El período lluvioso es de

mayo a noviembre y los meses súper húmedos son: junio, julio y agosto (CVG-EDELCA, 1983).

En los meses húmedos o de mayor precipitación se obtienen las máximas crecidas de los caudales, se activan los procesos de erosión y lixiviación (Ibidem), lo que afecta las vertientes y los suelos por el escurrimiento generado.

Los promedios anuales de precipitación en la RHRC, sector alto Caroní y la subcuenca del río Uairén se indican en la siguiente tabla 2.1:

Tabla 2.1. Precipitación media anual en la región hidrográfica río Caroní, sector alto y la subcuenca del río Uairén (mm). (CVG-EDELCA, 2003. CVG-EDELCA, 1983).

Sector	Anual	Periodo seco	Periodo lluvioso
Región hidrográfica (1)	2.900	630	2.270
Sector alto (2)	2.670	460	2.210
Subcuenca del río Uairén (3)	1.700	488	1.202

En la subcuenca del río Uairén, el promedio anual de temperatura estimado durante el período 1951-1976 fue de 21.2°C y presentó una máxima media anual de 27.8 °C y una mínima de 16.1°C. (Ibidem, p. 4-5). Para complementar esta información se presentan en la tabla 2.2, los valores medios anuales de las variables climatológicas para la Región Hidrológica del Río Caroní (RHRC), sector alto Caroní y la subcuenca del río Uairén.

Tabla 2.2. Valores anuales promedios de las principales variables meteorológicas en la región hidrográfica río Caroní, sector alto y la subcuenca del río Uairén (mm). (CVG-EDELCA, 2003. CVG-EDELCA, 1983)

Sector	Evaporación mm	Temperatura °C	Humedad relativa %	Radiación cal/cm2/día	Velocidad viento m/s
Región hidrográfica (1)	1.830	24,3	77	426	1,7
Sector alto (2)	1.690	22,1	78	406	1,6
Subcuenca del río Uairén (3)	700	21,2	83	-	1,3

### 2.3 Hidrografía

El río Caroní nace en los macizos Roraima-Tepuy y Kukenán-Tepuy, dirige sus aguas por el sector centro-Oriental del estado Bolívar, drena en el río Orinoco el cual desemboca en el océano Atlántico. Tal río se caracteriza por una inmensa riqueza hidrográfica constituido por 245 subcuencas. El sector alto comprende 27% del espacio de la región hidrográfica del río Caroní (RHRC). Sus principales tributarios son los ríos Yuruaní, Aponwao y Karauay por la margen derecha (drenan 80% del territorio tributario del sector alto) y por la margen izquierda los ríos Kukenán, Uairén y Sucurúm. Las nacientes de los últimos ríos se ubican en la divisoria fronteriza definida por la sierra Pacaraima. (CVG-EDELCA, 2004, p.54).

La subcuenca del río Uairén presenta 680 km<sup>2</sup> de superficie, el río Uairén posee 64 km de longitud y discurre entre los niveles de 840 m y 1.400 m. La subcuenca está conformada por siete (7) áreas hidrológicas principales, una de ellas es la micro-cuenca del río Wará (CVG-EDELCA, 1983). La citada micro-cuenca se estima en 52 km<sup>2</sup>, a través de ella fluyen gran cantidad de drenajes de patrón dendrítico de régimen intermitente que drenan al río Wará, el cual alimenta el colector principal o río Uairén por su margen occidental, para luego ser tributario del río Kukenán. El tipo de afluente es de 4to orden (Ibidem).



Figura 2.3 Río Wará aguas abajo del dique Wará II.

Del mismo modo, los períodos de máximas crecidas se corresponden a los especificados anteriormente. Durante la inspección de campo (Julio, 2018) el cauce del río Wará medía 18 m de ancho aguas abajo del dique Wará II. En otros tramos, según Figueroa, M (2007) el cauce y el área ribereña inmediata con la vegetación puede alcanzar hasta 229 m.

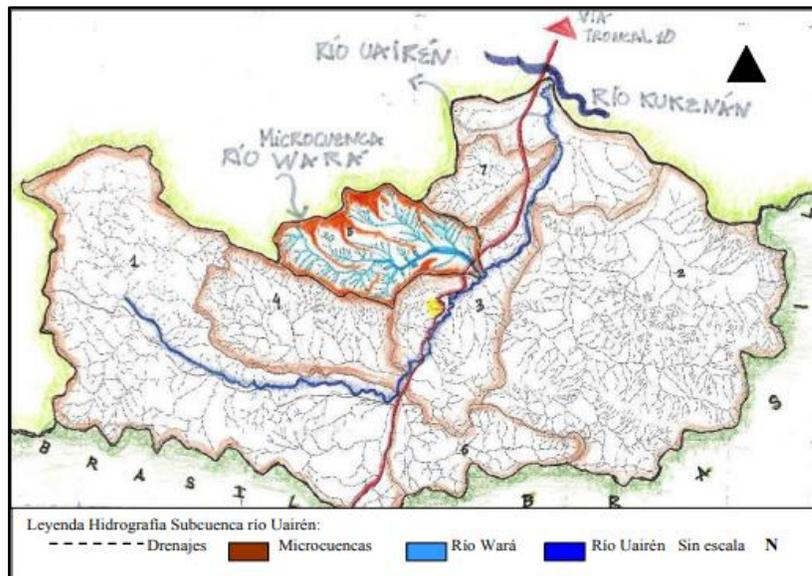


Figura 2.4 Hidrografía de la subcuenca del río Uairén (CVG EDELCA, 1983).

## 2.4 Geología

La subcuenca del río Uairén geológicamente pertenece a la parte Norte del Escudo Guayanés donde afloran rocas que caracterizan a las provincias geológicas de edad precámbrica (oscilan entre 3.500 y 900 millones de años): Cuchivero, Roraima y Magmática de Roraima (CVG-EDELCA, 1983).

Tabla 2.3. Composición geológica de la Subcuenca del río Uairén. (CVG-EDELCA, 1983).

Provincia	Litología característica	Representación
Cuchivero	Rocas plutónicas y metavolcánicas.	Granitos, riolitas y rodacitas.
Roraima	Rocas sedimentarias e ígneas intrusivas.	Conglomerados basales, areniscas, arcillas, lutitas, etc.
Magmática del Roraima	Rocas intrusivas básicas.	Diabasa.

El Escudo Guayanés “comprende la provincia fisiográfica más antigua del territorio venezolano” (CVG-EDELCA, 2004, p.72), a la vez, la Región Hidrográfica del río Caroní experimenta poca o nula actividad sísmica debido, principalmente, a su ubicación a más de 300 km. al sur de la zona de convergencia de las placas tectónicas del Caribe y Suramérica (Ibidem, p.76). De acuerdo a la zonificación sísmica de Venezuela indicada por las normas COVENIN 1756-98 para el diseño de estructura sismos resistentes, Wará se localiza en la Zona 1 de muy bajo movimiento sísmico (Ibidem).

## 2.5 Geomorfología

La micro-cuenca de Wará se encuentra emplazada en el paisaje de valle, el cual se caracteriza en la Región Hidrográfica del río Caroní (RHRC) por: Ocupar los espacios geográficos más deprimidos y bajos, frecuentemente asociados a cursos de agua que actúan como eje, lo que les confieren una forma alargada y relativamente plana y presentan un escaso aporte aluvial de sedimentos, (CVG-EDELCA, 2004, p. 83).

Dicho paisaje en el área de estudio, está compuesto, principalmente, por dos tipos de relieves: “las cuestas monoclinales de areniscas predominantes en pendientes mayores a 30% en los frentes de cuestas y menores a 15% en los dorsos y alterna con

pequeños valles coluvio aluviales con una pendiente menor a 5%” (CVG-EDELCA, 1983).

El valle coluvio-aluvial está conformado por material transportado de origen coluvial y aluvial. Los materiales coluviales se presentan bajo la forma de glaciares que descienden desde las cuestas monoclinales y se integran a la planicie aluvial (material aluvial) (CVG-EDELCA, 1983).

Cabe acotar, que las áreas inundables son aquellas que están sometidas al anegamiento permanente por los bajos valores de pendientes donde la infiltración domina sobre la escorrentía y corresponde al espacio de los morichales y la planicie aluvial, áreas susceptibles a la intervención antrópica.

El relieve del área en estudio está determinado y/o condicionado por la diversa gama de pendientes, las cuales se clasifican en: muy suaves, suaves, moderadas y fuertes.

A continuación, en la figura 2.4 se ilustra una aproximación a las pendientes del área de estudio:

- a. Las pendientes muy suaves de 0 a 3.5 % (0 a 2°) del área de estudio se ubican en las planicies aluviales y zonas anegadizas.
- b. Las suaves de 8 % (5°) corresponden, en gran medida, al área donde está asentada la población o en las faldas de las lomas.
- c. Las pendientes moderadas de 18% y 21% (10 ° y 12°) se ubican en las lomas de los cerros.
- d. Las más fuertes de 27 % (15°) se presentan en las crestas.

De acuerdo a la imagen mostrada y el recorrido en campo, pareciera predominar en Wará las pendientes muy suaves y suaves.

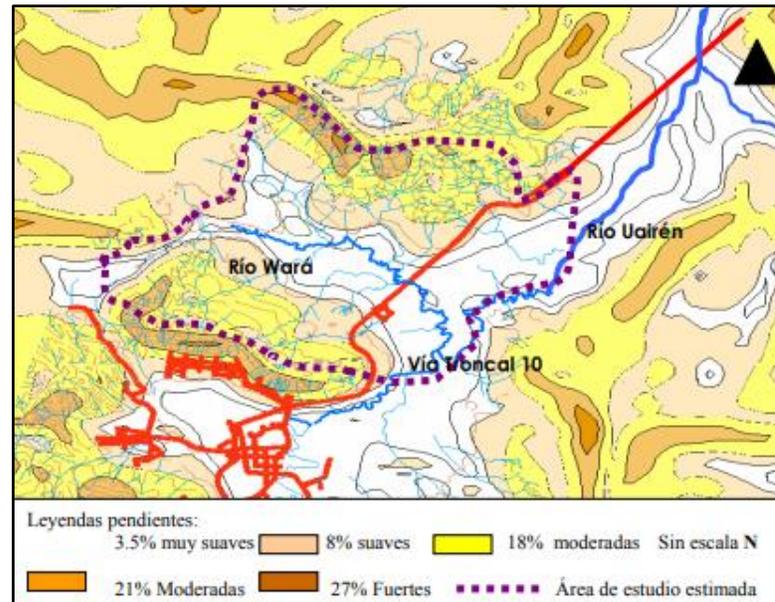


Figura 2.5 Pendientes de Wará (Figuroa, M. 2007).

## 2.6 Suelos

De acuerdo al Estudio de la Subcuenca del río Uairén (1983), en el área en estudio existen tres tipos de suelos, a entender: Entisoles, Utilosoles e Inceptisoles, que responden a la “diversidad existente de materiales litológicos, tipos de relieve, clima y cobertura vegetal” (CVG-EDELCA, 2004, p.85).

A partir de observaciones realizadas en campo, pareciera predominar en el área de asentamiento de la población los Entisoles asociados a la textura arenosa en el valle coluvio-aluvial, con algunas variaciones por rocosidad y pedregosidad en los sectores de mayor pendiente (Tabla 2.4).

Tabla 2.4 Características de los suelos en Wará (CVG EDELCA, 1983)

Relieve	Taxonomía	Textura	Profundidad	Características hidrológicas de los suelos
Cuestas de areniscas	Entisoles	Arenosa	<30 cm	Alta permeabilidad y baja capacidad de retención de humedad.
Valle coluvio - aluvial	Ultisoles	Arcillosa	>120 cm	Lenta a moderada permeabilidad y alta retención de humedad asociado a la escasa pendiente que impide el drenaje.
Áreas deprimidas planicie aluvial	Inceptisoles	Arenosa	>120 cm	Sometidos a un anegamiento permanente asociado al drenaje lento. Alto contenido de materia orgánica.

Los Entisoles específicamente se caracterizan por ser suelos:

“Superficiales a moderadamente profundos...predominan las texturas arenosas y arena francosas con proporciones variables de grava, guijarros de cuarzo y nódulos de hierro...Los Entisoles tienen su mayor expresión en los sectores Medio y alto Caroní donde alcanza a cubrir casi el 60% del área” (Ibidem, p.86).

En particular, los suelos Entisoles en el área en estudio se evidencian en la existencia de un gran potencial de yacimientos de minerales no metálicos, específicamente, arena granza (blanca y rosada). Estos han sido explotados durante más de 30 años, para satisfacer la demanda local de la industria de la construcción. La explotación de esta materia prima ha generado entradas económicas a la comunidad y funge como uno de los aspectos positivos sobre la comunidad manifestado por las personas encuestadas.

Asimismo, las personas empadronadas expresaron su preferencia hacia este suelo, su condición de alta permeabilidad facilita la movilidad a pie en épocas de lluvia.

De otra forma, los órdenes Entisoles y Ultisoles tienen características comunes, entre las que predominan la baja fertilidad y, por ende, el bajo potencial para el desarrollo de actividades agrícolas convencionales sin aplicación de alguna técnica

productiva especial. Los suelos muy húmedos y/o con concentraciones de agua superficial se ubican generalmente en la planicie aluvial y la primera y segunda terraza del valle coluvio aluvial, las cuales presentan la menor pendiente y por ende, suelen ser las preferidas en general para ubicar los asentamientos. Sin embargo, su característica hidrológica (considerable el grado de sedimentación que presenta el lecho en la planicie aluvial que proviene de las cuestas de areniscas) debe ser tomada en cuenta debido al efecto que tiene sobre la estabilidad de los proyectos de instalación de servicios de infraestructura de redes y de las viviendas.

## 2.7 Erosión

Los efectos de los condicionantes y agentes externos como: el clima, el suelo, la topografía, la cobertura vegetal y la acción antrópica, se manifiestan, sobre el suelo, en un proceso de degradación, el cual tiene como resultado la producción de sedimentos y la disminución de sus atributos necesarias para la producción de bienes y servicios (CVG-EDELCA, 2004, p.87).

Según el Estudio del Plan Maestro de la Cuenca del río Caroní (2003) el área en estudio se encuentra en una zona de erosión fuerte determinados por factores naturales como antrópicos. A continuación se describe ese tipo de erosión (tabla 2.5).

Tabla 2.5. Descripción erosión fuerte (CVG EDELCA, 2003)

Erosión	Descripción
Fuerte	Áreas con erosión laminar severa y generalizada, que ha producido la pérdida de más de la mitad del espesor original del epipedón, en más del 50% de la superficie, o áreas donde se presenta erosión concentrada (surcos o cárcavas) que requieren trabajos intensos para su corrección.

A través de la visita de campo se pudieron detectar varias zonas de erosión intensa: Los primeros, aguas abajo del dique Wará I, al Este de la Planta de

Tratamiento Wará, se observa una cárcava en los terrenos de la comunidad indígena de Wará, colocando en situación de franco peligro a la tubería que proviene de la planta de tratamiento de agua, la cual en algún tramo de su tendido se encuentra sin apoyo (en el aire), solo anclada en los bordes de la cárcava. Cabe destacar que esta cárcava pareciera de origen natural ya que se encuentra en un valle rodeado por elevaciones o cerros, de muy escasa vegetación y elevada pendiente, por cuyas laderas se presume el descenso del agua a gran velocidad.

Existen otras zonas en la cuenca que fueron utilizadas como saques de arena que actualmente está inactivo ya que fueron declarados Zonas de Recuperación por el Instituto Autónomo de Minas del estado Bolívar (IAMIB).

Las consecuencias son en detrimento del ambiente físico-natural de la microcuenca del río Wará, principalmente por:

- a. La deforestación de estas zonas, dejándolas carentes de vegetación y proclives al desarrollo de cárcavas.
- b. La alteración de la dinámica de la microcuenca, que genera áreas de erosión concentrada bajo la forma de profundas cárcavas y surcos que se integran a los cursos de aguas.
- c. La aceleración de la deposición de sedimentos en los cauces pudiendo influir en la disminución del caudal del río Wará y posteriormente el del río Uairén.
- d. Se pueden generar movimientos en masa que amenacen la estabilidad de las viviendas ubicadas en los asentamientos que se encuentran en las cercanías de los saques.

Como se ha demostrado, una parte de los suelos en el área de estudios presentan severas limitaciones por las pendientes fuertes y el anegamiento permanente, bajo estas características se sugiere usos para: preservación, recreación, conservación de los regímenes de agua.

Se recomienda estudios del medio físico puntuales en las zonas donde se desarrolle urbanismo y obras de gran envergadura con el fin de minimizar riesgos.

## **2.8 Vegetación del área de estudio**

En el área de estudio se ha desarrollado un considerable número de especies vegetales adaptadas a sus ecosistemas. La vegetación se caracteriza por ser particular de la región y se desarrolla sobre suelos muy ácidos, derivados de la descomposición de las areniscas. Dominan las sabanas y bosques de galería, los cuales se sitúan a lo largo de los cursos de los ríos y quebradas que atraviesan las sabanas. Estos bosques presentan una vegetación muy variada donde se observan árboles, arbustos, bejucos, plantas epifitas y la palma moriche *Mauritia flexuosa*. Los arbustos raramente superan los 2 a 3 metros de altura. Las familias de plantas más importantes son Theaceae, Humiriaceae, Ericaceae, Compositae, Aquifoliaceae, Burseraceae, Sapotaceae. Entre las especies más altas, cabe destacar una Rutácea, la *Spathelia Fruticosa*, con tallos no ramificados de hasta cuatro metros, y un penacho de hojas compuestas en el ápice (figura 2.5).

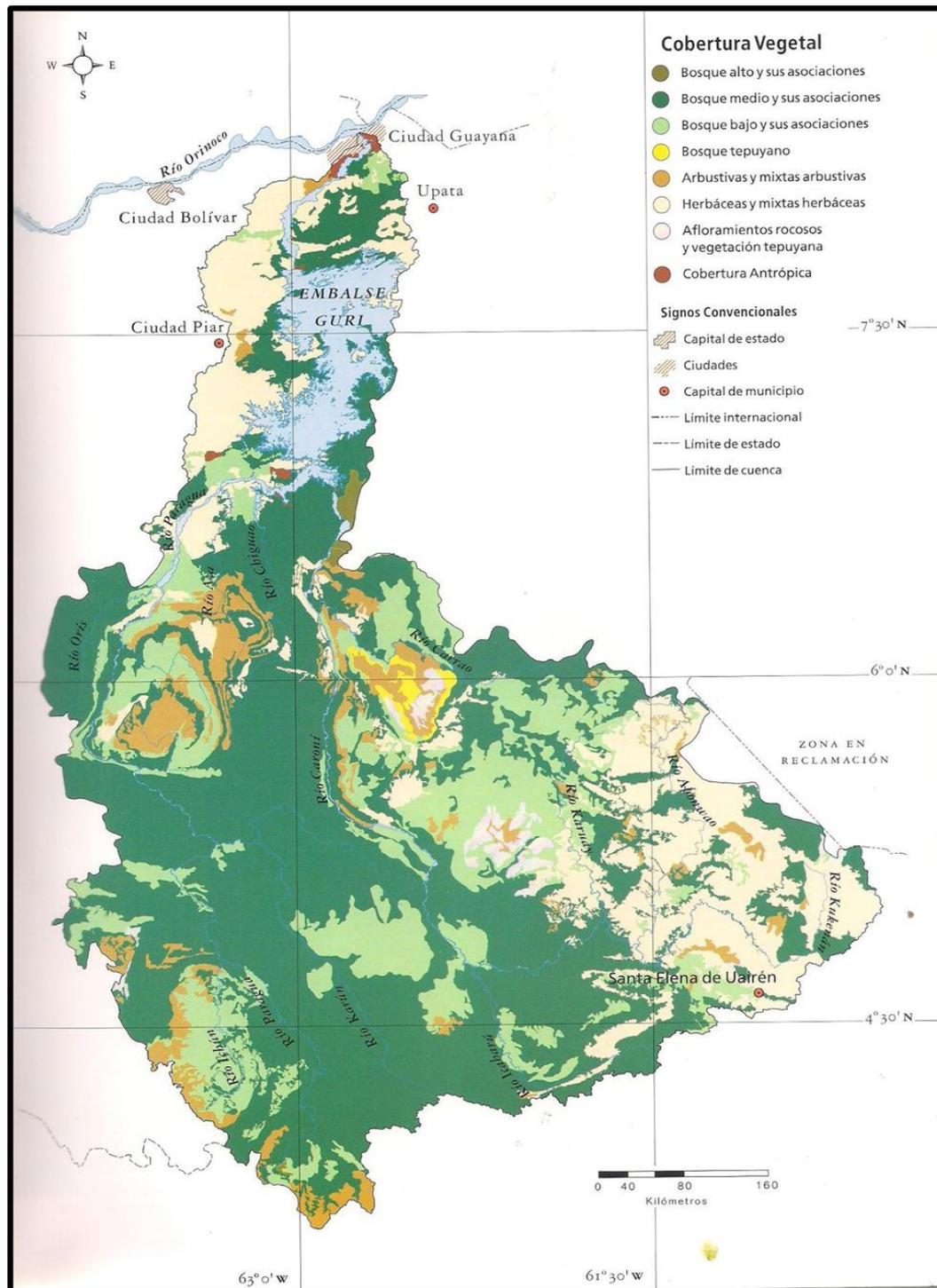


Figura 2.6 Cobertura vegetal de la cuenca del río Caroní (CVG-EDELCA, 2004).

## 2.9 Fauna del área de estudio

La fauna de la Gran Sabana es muy variada y depende de la altura y el tipo de vegetación.

Encontramos con oso melero, báquira, ardilla guayanesa, puma, venado, pereza de tres dedos, comadreja, zorro granjero, monos cara rayada, monos machín, ratones, oso hormiguero gigante, perro de agua o nutria gigante, jaguar o tigre y cunagueros, Murcielago Pescador, Vampiro Desmodus, Murciélago Narisón, Mono Araña, Mono Capuchino, Oso Melero, Perezoso de Dos Dedos, Ardilla Común, Conejo de Monte, Tonina Delfín de río. Reptiles como el camaleón, la iguana, el morrocoy selvático, serpientes como la falsa coral, Bejuca, anaconda, falsa mapanare, y venenosas como la coral, mapanare, cuaima piña y cascabel. En cuanto a las aves podemos citar el Guacamayo rojo, perico cara sucia, rey zamuro, campanero, colibrí, pájaros capuchinos, gallito de las rocas, tucanes. También hay numerosas especies de ranas y sapos.

El Sapo Minero, es uno de los anfibios más interesantes de La Gran Sabana, al sur de Venezuela. Pertenece a una familia de sapos, cuyas especies se caracterizan por la secreción venenosa abundante que produce su piel. También son llamados "Veneno de flecha", ya que los indios usan dicha sustancia para envenenar la punta de sus dardos y flechas.

Viven en el piso húmedo y sombrío de la selva. Se los encuentra a menudo caminando sobre el ripio acumulado en el suelo y entre las plantas que lo cubren. Aun así, se destacan claramente, ya que la combinación de color negro y dorado que ostentan es muy fácil de detectar.

El hecho de ser tan llamativos, no los pone en peligro, pues pocos animales están interesados en saborear el veneno que producen. Por lo general, esta coloración avisa a un depredador potencial que si se le ocurre cazarlos se llevará un gran chasco y es posible que hasta pueda morir. En lugar de poner muchos huevos en el agua, como hacen otras especies, los sapos mineros ponen pocos huevos para que el macho pueda llevarlos todos adosados a su espalda.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Antecedentes o estudios previos.**

Castro, F. y Vivanco, G. (2007), elaboraron el Trabajo de grado titulado “ESTUDIO DE SEDIMENTACIÓN DEL EMBALSE GUANAPITO, POSIBLES SOLUCIONES”, dicho embalse tiene como objetivo general evaluar las condiciones actuales de sedimentación acumulada en el embalse Guanapito ubicado en el Distrito Monagas del Estado Guárico, Venezuela.

Este estudio presenta un apoyo sustancial a la presente investigación por cuanto en ella se desarrollan métodos técnicos de análisis del movimiento de sedimentos en un embalse que metodológicamente podrán ser aplicados a esta investigación.

Cueche, S. y Pino, C. (2009), elaboraron su Trabajo de Grado titulado “INCIDENTES EN LAS PRESAS DE VENEZUELA”. El objetivo general de esta investigación es describir incidentes ocurridos en algunas presas de Venezuela.

Dicha investigación servirá de apoyo al presente estudio por cuanto se analizan las causas de fallas de algunas de las presas de Venezuela, lo cual podrá servir para vincular y diagnosticar las condiciones actuales operativas y estructurales de la represa Wará II.

## 3.2 Bases teóricas

### 3.2.1 Embalses

Se denomina embalse a la acumulación de agua producida por una construcción en el lecho de un río o arroyo que cierra parcial o totalmente su cauce. En España se emplea ocasionalmente el término pantano con este significado. La construcción del embalse puede ocurrir por causas naturales como, por ejemplo, el derrumbe de una ladera en un tramo estrecho del río o arroyo, la acumulación de placas de hielo o las construcciones hechas por los castores, y por obras construidas por el hombre para tal fin, como son las presas (Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico, 2018).



Figura 3.1 Embalse de Gurí, Venezuela.

#### 3.2.1.1 Embalses artificiales

Los embalses generados al construir una presa pueden tener la finalidad de:

- a. Regular el caudal de un río o arroyo, almacenando el agua de los períodos húmedos para utilizarlos durante los períodos más secos para el riego, para el abastecimiento de agua potable, para la generación de energía eléctrica, para permitir la navegación o para diluir poluentes. Cuando un embalse tiene más de un fin, se le llama de usos múltiples;
- b. Contener los caudales extremos de las avenidas o crecidas. Laminación de avenidas.
- c. Crear una diferencia de nivel para generar energía eléctrica, mediante una central hidroeléctrica.
- d. Crear espacios para esparcimiento y deportes acuáticos. (Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico, 2018)

### **3.2.1.2 Características de un embalse**

Las características físicas principales de un embalse son las curvas cota-volumen, la curva cota-superficie inundada y el caudal regularizado.

Dependiendo de las características del valle, si este es amplio y abierto, las áreas inundables pueden ocupar zonas densamente pobladas, o áreas fértiles para la agricultura. En estos casos, antes de construir la presa debe evaluarse muy objetivamente las ventajas e inconvenientes, mediante un Estudio de impacto ambiental, cosa que no siempre se ha hecho en el pasado.

En otros casos, especialmente en zonas altas y abruptas, el embalse ocupa tierras deshabitadas, en cuyo caso los impactos ambientales son limitados o inexistentes.

El caudal regularizado es quizás la característica más importante de los embalses destinados, justamente, a regularizar, a lo largo del día, del año o periodos plurianuales o quizás pasen siglos antes de que este sea deshabilitado por la mano humana, el caudal que puede ser retirado en forma continua para el uso para el cual se ha construido el embalse (Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico, 2018).

### **3.2.1.3 Niveles característicos de los caudales de los embalses**

- ❖ **Nivel de agua en un embalse:** El nivel del agua en un embalse es siempre mayor que el nivel original del río. Desde el punto de vista de la operación de los embalses, se definen una serie de niveles. Los principales son (en orden creciente):
- ❖ **Nivel mínimo minimorum:** es el nivel mínimo que puede alcanzar el embalse; coincide con el nivel mínimo de la toma situada en la menor cota.
- ❖ **Nivel mínimo operacional:** es el nivel por debajo del cual las estructuras asociadas al embalse y la presa no operan u operan en forma inadecuada.
- ❖ **Nivel medio.** Es el nivel que tiene el 50 % de permanencia en el lapso del ciclo de compensación del embalse, que puede ser de un día, para los pequeños embalses, hasta períodos plurianuales para los grandes embalses. El período más frecuente es de un año.

- ❖ **Nivel máximo operacional:** al llegarse a este nivel se comienza a verter agua con el objetivo de mantener el nivel pero sin causar daños aguas abajo.
- ❖ **Nivel del vertedero:** Si la presa dispone de un solo vertedero libre, el nivel de la solera coincide con el nivel máximo operacional. Si el vertedero está equipado con compuertas, el nivel de la solera es inferior al máximo operacional.
- ❖ **Nivel máximo normal:** al llegarse a este nivel la operación cambia de objetivo y la prioridad es garantizar la seguridad de la presa. En esta fase pueden ocurrir daños aguas abajo; sin embargo, se intentará minimizar los mismos.
- ❖ **Nivel máximo maximorum:** en este nivel ya la prioridad absoluta es la seguridad de la presa, dado que una ruptura sería catastrófica aguas abajo. Se mantiene el nivel a toda costa; el caudal descargado es igual al caudal que entra en el embalse (Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico, 2018).

#### 3.2.1.4 Volúmenes característicos de un embalse

Los volúmenes característicos de los embalses están asociados a los niveles; de esta forma se tiene:

- ❖ **Volumen muerto**, definido como el volumen almacenado hasta alcanzar el nivel mínimo minimorum.
- ❖ **Volumen útil**, el comprendido entre el nivel mínimo minimorum y el nivel máximo operacional.



### 3.2.1.6 Curvas de áreas y capacidades

Con los datos del cuadro dibujamos las curvas de capacidades y de áreas, las cuales nos permitirán conocer gráficamente los volúmenes capaces de ser almacenados en el sitio y las áreas que serán inundadas para cualquier altura de la presa. Estas curvas nos permiten seleccionar entre varias alternativas, aquellas que presentan mayores capacidades para la misma altura de la presa.

Para dibujar estas curvas se elige un sistema de coordenadas rectangulares y sobre el eje de las abscisas, a escala determinada, se dibujan los volúmenes, a escala determinada, se dibujan los volúmenes; en las ordenadas a partir de la cota de fondo del río las alturas o cotas, o ambas. Se dibuja también las áreas inundadas, usando sentido contrario a la curva de volúmenes para evitar confusiones al usar el gráfico.

Los cálculos de los volúmenes, de las áreas y el dibujo de las curvas deben hacerse lo más preciso posible y muy cuidadosamente. Si se cometen errores al calcularlas o dibujarlas, éstos se reflejarán en las dimensiones de todas las estructuras que integrarán el futuro embalse.

Las capacidades de los vasos de almacenamiento, se expresan en metros cúbicos ( $m^3$ ), hectómetros cúbicos ( $Hm^3$ ), equivale también esta medida a ( $106m^3$ ), o en hectáreas-metro (Ha.m), equivalente a  $10.000 m^3$  (Castillo, 2006).

### 3.2.1.7 Capacidades características de un embalse

En un embalse podemos distinguir tres capacidades o volúmenes característicos: 1) el volumen muerto o capacidad de azolves; 2) el volumen útil y 3) la suma de ambos que nos da el volumen total.

$$V_t = v_a + v_u \quad (3.1)$$

El volumen de azolves es el volumen que debemos disponer en el vaso para almacenar los sedimentos. Transportadas por el río y que con el tiempo se van depositando en él. El período que tarda en colmarse esta capacidad, constituye la vida útil del embalse y se estima para proyectos pequeños en unos 50 años y para los grandes proyectos para unos 100 años.

El volumen útil es el necesario para suplir las demandas y las pérdidas de aguas durante un período determinado de funcionamiento del embalse. Debe ser de tal magnitud que garantice dentro de un periodo hidrológico escogido, el riego de toda el área disponible aprovechable. Cuando se presentan períodos muy secos, no previstos en el período de estudio, se puede racionar el agua prudentemente alargando así lo más posible, el tiempo de abastecimiento y evitando dejar completamente vacía la capacidad útil del embalse para el año siguiente.

En algunos casos cuando se desea combinar el riego con el control de inundaciones, se prevé otro volumen adicional, por encima del volumen útil con el objeto de retener la creciente por un tiempo prudencial, no permitiendo que el aliviadero sobrepase gastos determinados, equivalentes a la capacidad adicional debe siempre quedar disponible para absorber la creciente prevista (Castillo, 2006).

#### **3.2.1.8 Alturas de las presas**

En todo embalse existen dos alturas determinadas en las curvas de capacidades, así:

1. La altura de aguas muertas,  $h_1$  y
2. La altura de aguas normales,  $h_2$ .

Pero no es aceptable que el agua vierta sobre la presa misma y por lo tanto debemos añadir una altura  $h_3$  que llamaremos borde libre. Entonces la altura total de la presa será:

$$H = h_1 + h_2 + h_3.$$

### 3.2.1.9 Caudales característicos de un embalse

- ❖ **Caudal firme.** Es el caudal máximo que se puede retirar del embalse en un período crítico. Si el embalse ha sido dimensionado para compensar los caudales a lo largo de un año hidrológico, generalmente se considera como período crítico al año hidrológico en el cual se ha registrado el volumen aportado mínimo. Sin embargo, existen otras definiciones para el período crítico también aceptadas, como, por ejemplo, el volumen anual de aporte hídrico superado en el 75 % de los años, que es una condición menos crítica que la anterior (Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico, 2018).
- ❖ **Caudal regularizado.** Es el caudal que se puede retirar del embalse durante todo el año hidrológico, asociado a una probabilidad (Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico, 2018).

### 3.2.1.10 Vida útil del embalse

La vida útil del embalse, para efectos de las evaluaciones económicas, del mismo se estiman entre 30 y 50 años, sin embargo, los embalses potencialmente pueden tener una vida útil mucho más larga. Los factores que pueden influir en la vida útil del embalse se pueden mencionar:

- a. Problemas de degradación de la represa.

- b. Sedimentación del embalse, con su consecuente disminución del volumen útil del mismo.

La combinación de suelos empinados, lluvias intensas, el tipo de suelo y el uso que se le da a los mismos hacen que las tasas de erosión y sedimentación sean muy altas en los lugares donde se sitúan los embalses. El alto acarreo de sedimentos de algunos cursos de agua y el desarrollo desmedido en las áreas cercanas a los embalses, así como la falta de control preventivo de la erosión aceleran el proceso de sedimentación de los embalses. En cuencas con embalses, los ríos y quebradas transportan los sedimentos erosionados hacia los embalses donde son "atrapados".

La forma más precisa para medir sedimentación en los embalses es mediante estudios de batimetría. Se toman elevaciones del fondo del embalse para generar la topografía del fondo del mismo. De esta manera se determina el volumen disponible del embalse y se compara con el volumen de diseño del mismo. Con la información levantada de los estudios de batimetría se determina la capacidad existente del embalse y la tasa de pérdida de capacidad anual basada en una carga específica de sedimentos.

Existen una variedad de alternativas para el manejo de sedimentación en embalses. En un embalse se puede utilizar más de una técnica y diferentes técnicas pueden ser más apropiadas en diferentes momentos a lo largo de la vida del embalse. Las estrategias de manejo se pueden catalogar en cuatro temas básicos: (1) reducir el aporte de sedimentos hacia el embalse, (2) manejo hidráulico del embalse para minimizar el depósito de sedimentos, (3) remover los sedimentos una vez depositados, y (4) manejar las consecuencias sin manejar el proceso de sedimentación como tal. A continuación un resumen de estrategias para el manejo de sedimentos:

1. Reducir el aporte de sedimentos. Esto se puede lograr mediante trampas de sedimento, las que pueden ser tanto estructurales como no estructurales, dentro o fuera del río. Otra manera para reducir el aporte de sedimento es mediante controles de erosión superficial de los suelos, propiciando la formación de una protección vegetal de los mismos.
2. Minimizar el asentamiento de sedimentos. Esta estrategia se fundamenta en el desvío de sedimentos. Esto se puede lograr mediante el desvío de corrientes de agua turbia o el desvío de crecidas, entre otras. Una estrategia para el desvío de sedimentos que se ha implantado en algunos países, es la construcción de embalses fuera del cauce.
3. Recuperar el volumen de almacenamiento. Una manera de lograr esto es mediante excavación, ya sea hidráulica o mecánica. Otra manera es mediante la redistribución de sedimentos, por ejemplo, en el volumen muerto. Esta última se puede lograr también con modificaciones estructurales o subiendo el nivel operacional (Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico, 2018).

### **3.2.2 Métodos para la estimación de la distribución de sedimentos en los embalse**

#### **3.2.2.1. Método del área incremental**

El método del área incremental se basa en la suposición que la forma de la deposición del sedimento en un embalse puede aproximarse reduciendo el área del embalse para cada elevación en un cantidad fija, lo cual implica una serie de aproximaciones sucesivas. Empleando el método de las áreas promedio o formula prismoidales, puede calcularse las capacidades del embalse en base a áreas superficiales reducidas; hasta que las capacidades totales por debajo del nivel normal máximo sean esencialmente igual a la capacidad predeterminada obtenida,

sustrayendo el volumen original del embalse y la cantidad de sedimento acumulada en el tiempo.

El método del área incremental es aplicable a aquellos embalses en los cuales el volumen muerto (o volumen de sedimento acumulado en 100 años), es menor que el 15% de la capacidad original del embalse.

La ecuación básica para la aplicación del método es la siguiente:

$$V_s = V_o + A_o \times (H - h_o) \dots\dots\dots(3.2)$$

En la cual:

$V_s$  = volumen de sedimento a ser distribuido en el embalse en  $m^3$ .

$A_o$  = factor de corrección de las áreas en  $m^2$ , (área original del embalse a la nueva profundidad cero en la presa).

$V_o$  = volumen de sedimento por debajo de la nueva elevación cero en  $m^3$ .

$H$  = profundidad del embalse al pie de la presa en m (fondo del río a la cota del nivel normal).

$H_o$  = profundidad en pies a la cual se llena el embalse completamente con sedimento en m (nueva elevación cero).

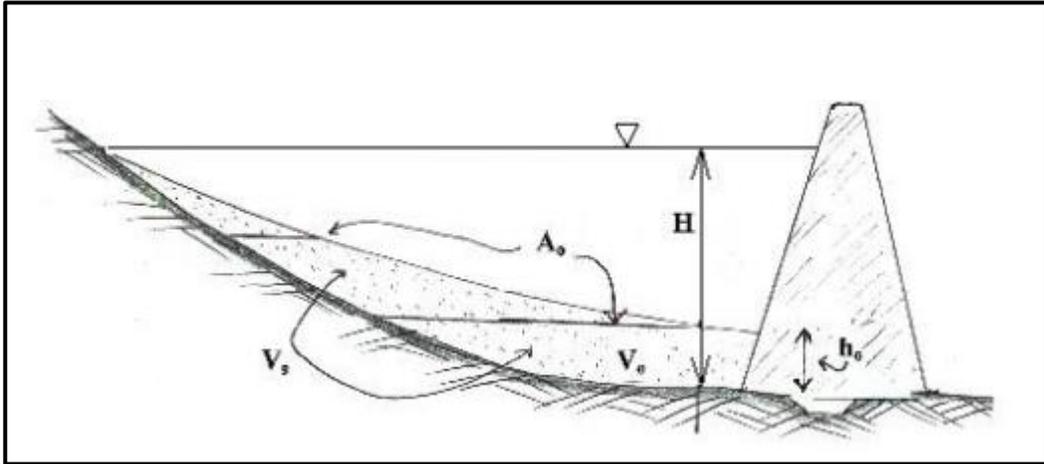


Figura 3.2 Ilustración de cada uno de los elementos de la ecuación de distribución de sedimentos por el método del área incremental. (Gaspar, J., pág. 47).

La ecuación 3.1 expresa matemáticamente lo siguiente: el volumen total de sedimentos,  $V_s$ , consiste de una porción que es uniformemente distribuida verticalmente sobre la altura  $H - h_0$ , más la porción por debajo de la nueva elevación cero del embalse.

Utilizando dicha ecuación, el procedimiento por pasos para aplicar el método del área incremental es:

Se define el volumen total de sedimentos a repartir en el embalse,  $V_s$ , y la profundidad del embalse al pie de presa,  $H$ .

Se supone un valor  $h_0$ , altura de sedimentos al pie de la presa, con el que se leen  $A_0$  y  $V_0$  de las curvas de área capacidad del año base.

Se sustituye en la ecuación 3.2 y se obtiene un valor  $V_s$  calculado, y se compara con  $V_s$  a repartir. Si aproximados el  $h_0$  es la altura de sedimentos. Si no se harán tanteos sucesivos hasta que se cumpla.

Para trazar la curva altura – área producto de la distribución el área es igual al área de la curva altura – área del año base para las alturas menores a  $h_o$  e igual a  $A_o$  para alturas mayores a  $h_o$ .

Los volúmenes parciales en cada altura se van a calcular por el método trapezoidal o de áreas parciales.

$$V_{12} = \text{promedio } A_1 \ A_2 * \text{ distancia } A_1 \ A_2 \dots \dots \dots (3.3)$$

Dónde:

$V_{12}$ : Volumen que existe entre dos áreas consecutivas.

$A_1$ : área 1

$A_2$ : área 2

Distancia  $A_1 \ A_2$ : Distancia que separa las áreas.

Se calcula el volumen acumulativo de sedimentos sumando los volúmenes parciales.

La capacidad final en cada cota, luego de la distribución de sedimentos, va a ser igual a la resta de la capacidad original menos el volumen de sedimentos acumulados.

El área definitiva en cada nivel va a ser igual a la resta del área original menos el área de sedimentos.

El método de área incremental es solo una aproximación de la situación probable de los depósitos de sedimentos.

Es bien conocido, que la sedimentación no reduce por igual las áreas del embalse en las diferentes elevaciones. Sin embargo, se han hecho comparaciones entre los resultados reales de los levantamientos batimétricos y se ha obtenido correspondencia adecuada en muchos casos.

Existen ciertas limitaciones para la aplicación de éste método: la aplicabilidad del método se reduce a medida que aumenta la relación volumen de sedimento acumulado – capacidad del embalse, la distribución dejara de ser adecuada si el embalse se aparta mucho de las formas clásicas de embalses de llanura, cerro, lago, etc.

### **3.2.2.2 Método de la reducción empírica de áreas**

Este método fue inicialmente desarrollado en función del estudio y evaluación de datos procedentes de batimetrías correspondientes a 30 embalses ubicados en el medio Oeste americano por el “U.S. Army Corps of Engineers” y por el “U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation”.

El método en cuestión para determinar la distribución probable del sedimento se lleva a cabo mediante dos etapas principales:

1. Clasificar el embalse utilizando 4 curvas de tipo básico – Standard que fueron desarrolladas a partir de resultados actualizados de datos topográficos en embalses en proceso de sedimentación.
2. Hacer un cálculo de aproximaciones sucesivas utilizando la fórmula del área promedio o trapezoidal hasta que la capacidad calculada iguale la capacidad predeterminada.

La clasificación general resultante del análisis de los datos de 30 embalses, adoptada arbitrariamente por Sutherland y Posey, se indica a continuación:

Tabla 3.1 Valores de  $m$  para cada clasificación de embalses según la distribución de sedimentos por reducción empírica de áreas.

$m$	Tipo de embalse	Clasificación
1,0 - 1,5	Desfiladero	IV
1,5 - 2,5	Colina - cerro	III
2,5 - 3,5	Llanura - pié de monte	II
3,5 - 4,5	Lago	I

El factor  $m$  es el inverso de la pendiente de la curva altura – área – capacidad graficada en papel log – log, es decir que las profundidades de la presa van en la ordenada y las capacidades del embalse en las abscisas con lo cual se limita a la recta:  $\log V = \log K + \log h$ . Las curvas Standard se encuentran en la siguiente figura.

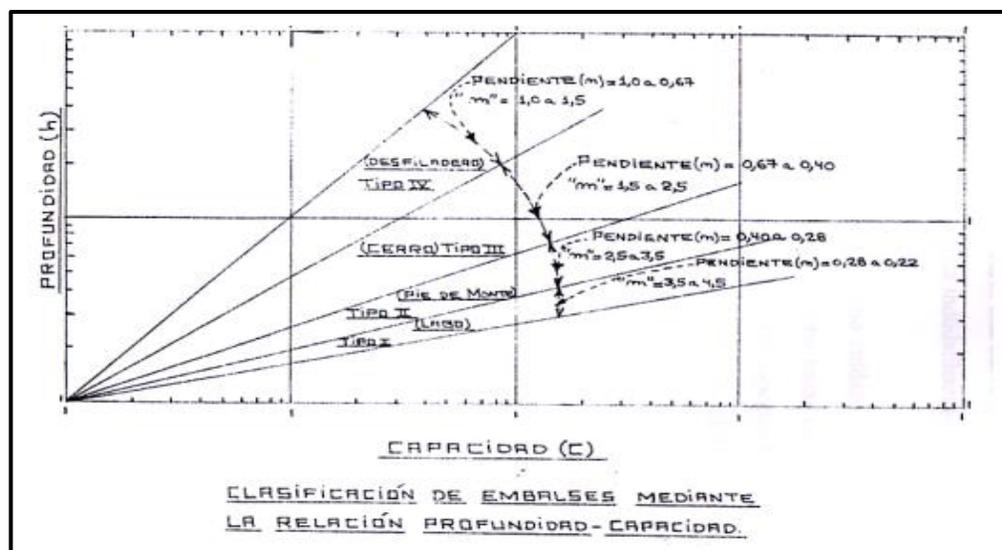


Figura 3.3 Clasificación de embalses mediante la relación profundidad – capacidad. (Raide, J., pág. 91).

Es conveniente hacer notar que el tipo lago no necesariamente tiene que ocurrir en las llanuras, ni el tipo desfiladero tiene que existir necesariamente en la montaña. El tipo desfiladero (IV) es el menos adoptable a la distribución típica elegida.

Para aplicar la curva Standard a un embalse, es necesario determinar el tipo que se ajusta al embalse en cuestión, trazando la curva de capacidades iniciales contra profundidad en papel log – log, esto generalmente da una relación lineal o en algunos casos dos rectas diferentes. La pendiente de la línea o líneas dan una indicación del tipo genérico. Generalmente una curva que indica un rápido aumento de la capacidad con la profundidad representa a un embalse grande del tipo lago, mientras que un pequeño aumento de la capacidad con la profundidad representa a un embalse tipo desfiladero.

Una vez elegido el tipo de curva que representa la deposición del sedimento el resto del procedimiento es matemático.

La conversión de la curva tipo Standard de deposición, a las curvas de área de diseño (reducción de área) ha sido realizado por Moody aplicando la relación:

$$A_p = C \times p^m \times (1 - p)^n \dots\dots\dots (3.4)$$

En la cual:

$A_p$  = representa debajo de relativa adimensional a la distancia relativa “p” sobre el lecho del río.

C, m, n = son constantes adimensionales que vienen determinadas por el tipo de embalse.

Los valores numéricos de “m” y “n”, fueron calculados por aproximaciones sucesivas utilizando un procedimiento de mínimos cuadrados de forma de ajustar la curva analítica de la mejor manera posible a los datos de campo. Con “m” y “n” determinados, “C” estará determinada por la condición que el área total bajo la curva “Ap” deberá ser la unidad. Las constantes características “C”, “m” y “n” determinadas para los 4 tipos de embalses son:

Tabla 3.2 Constantes características para cada clasificación de embalses.

Tipo	C	m	n	Almacenamiento de sedimento cercano a:
I	3,417	1,5	0,2	Tope del embalse
II	2,324	0,5	0,4	Mitad superior del embalse
III	15,882	1,1	2,3	Mitad inferior del embalse
IV	4,2324	0,1	2,5	Fondo del embalse

No existe una progresión lógica de estas constantes a medida que el factor de sedimentación cambia de la parte superior hacia el fondo. A partir de esta etapa, el procedimiento puede continuarse en forma tabular. El procedimiento por pasos es el siguiente:

1.- Determinar las profundidades relativas para cada incremento al pie de la presa. Esto es simplemente la relación de las profundidades incrementales a la profundidad total (máximo nivel normal a profundidad del lecho).

$$P = (h_x - h_{\text{pie\_presa}}) / H \dots\dots\dots (3.5)$$

Dónde:

p: Profundidad relativa, adimensional.

$H_x$ : Cota variable desde la altura al pie de la presa hasta nivel de aguas normales, en m.s.n.m.

$h_{pie\_presa}$ : Cota al pie de la presa, en m.s.n.m.

H: Profundidad del embalse, en m.

2.- Determinar los valores de área relativa de sedimentos ( $A_p$ ) a partir de la ecuación 3.4.

3.- Seleccionar como primera aproximación una elevación del sedimento al pie de la presa después de la sedimentación. Las áreas (área de sedimentos) a esta elevación y por debajo de ella serán iguales a las áreas de la curva altura – área – capacidad del año base. Las áreas del sedimento para cada incremento de profundidad por encima de la nueva elevación cero estimada, se obtienen dividiendo el área original en la elevación cero por el valor correspondiente de  $A_p$  (variable K) y multiplicando esta relación por el valor de  $A_p$  en cada incremento sucesivo.

$$K = A_o / A_p \quad (3.6)$$

4.- Con el valor de la relación sedimento – área establecida, los volúmenes incrementales de sedimento pueden calcularse por la fórmula del área promedio. Si la suma de los volúmenes de sedimento excede o es menor que el volumen estimado de sedimento a repartir se hace una nueva aproximación.

5.- Se acumula el volumen de sedimentos en cada cota.

6.- El área nueva en cada cota, después de la distribución de sedimentos, va a ser igual a la resta del área inicial (del año base) menos el área sedimentada.

7.- Se calculan las capacidades posteriores a la sedimentación, restándole a la capacidad original en cada cota, el volumen de sedimentos acumulado.

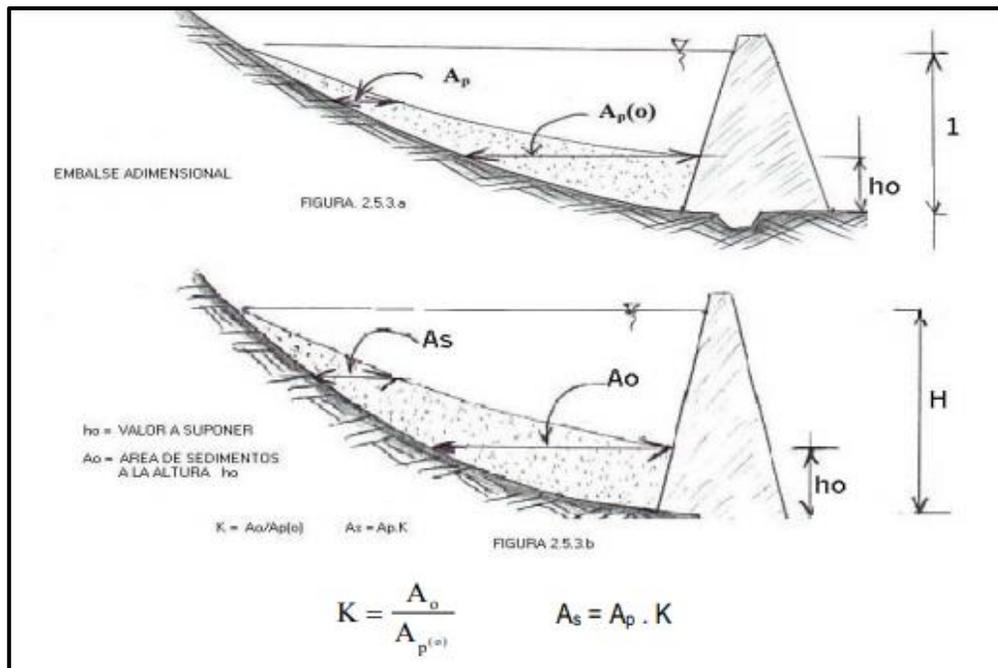


Figura 3.4 Esquema para la explicación del método de la reducción empírica de áreas. (Gaspar, J., pág. 49).

Generalmente se necesita de 2 a 3 tanteos para obtener la aproximación requerida. Si el volumen acumulado cae dentro del 1% del volumen predeterminado, se ha logrado suficiente exactitud.

### 3.2.3 Eficiencia de atrapamiento de los sedimentos

Es la relación entre la cantidad de sedimento depositado y el total del sedimento que ingresó al embalse, depende principalmente de la velocidad de caída de las partículas de sedimento, la morfometría del embalse, la tasa del flujo a través del mismo y la posición de las estructuras de salida (Toniolo y Schultz, 2005; Yang, 2003).

Existen diversos criterios empíricos para su cálculo, tales como los de Brune, Brown, Churchill y Karaushev, de ellos el más empleado es el primero. Están bien identificados los principales factores para su cálculo:

a) Características del sedimento, tales como la velocidad de caída de las partículas, forma y viscosidad de la mezcla agua-sedimento.

b) Tiempo de permanencia de los escurrimientos dentro del embalse: esto depende principalmente de la capacidad del embalse y de la magnitud de las extracciones.

c) Tipos de obras de toma: el tamaño y la ubicación de las obras de toma, tiene influencia preponderante en la posible extracción del material sólido, pues en algunos casos extraen importantes cantidades de sedimento en suspensión, sobre todo cuando son profundas.

d) Otros: existen factores, tales como la forma del embalse la política de operación, su antigüedad y la posible formación de corrientes de densidad.

### **3.2.3.1 Método de capacidad de la cuenca (Curva de Brown)**

Brown desarrolló una curva relativa a la relación de la capacidad del embalse (C, acre – pie) y el área de la cuenca (W, en millas cuadradas) para la eficiencia de atrapamiento (E, en porcentaje). Esta curva, mostrada en la figura 3.7, puede ser representada por la siguiente ecuación:

$$E = 100 \left( 1 - \frac{1}{1 + KC/W} \right) \quad (3.7)$$

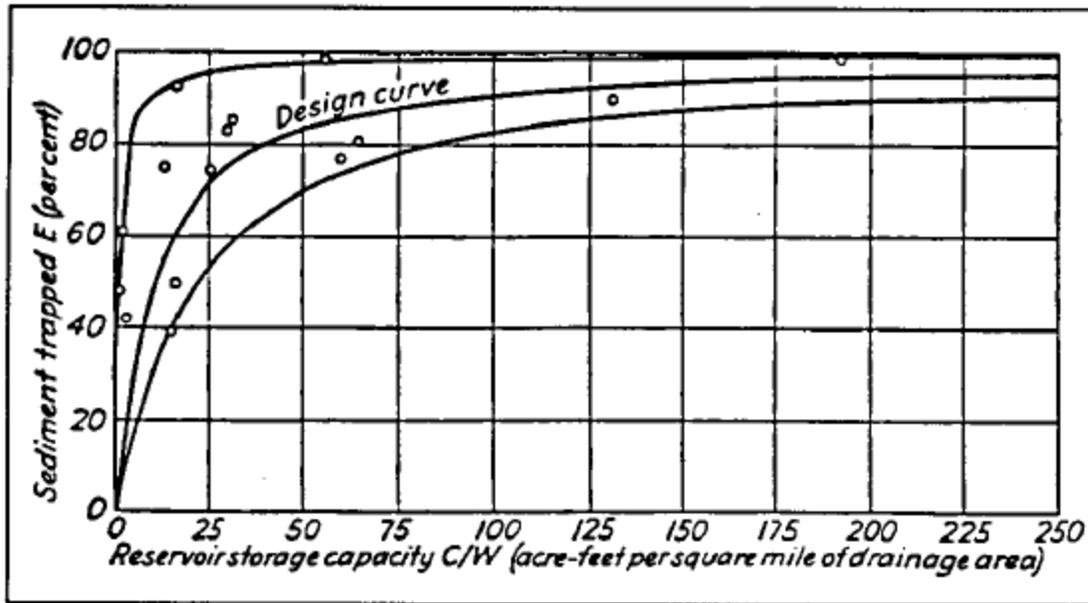


Figura 3.5 Curva de eficiencia de atrapamiento por Brown (U.S Army Corps of Engineers, 1989) .

### 3.2.3.2 Método de capacidad afluencia (Curva de Brune)

Brune desarrollo una relación empírica entre la eficiencia de atrapamiento y la relación de la capacidad del embalse y el caudal de entrada medio anual, ambos en las mismas unidades de volumen. Ya que las curvas mostradas en la figura 4, fueron generadas por el uso de datos de embalses con pondajes normales, estas no son recomendadas para determinar la eficiencia de atrapamiento de cuencas de colmatación o embalses secos. Dendy agregó más datos a la curva de Brune y desarrollo una ecuación de predicción para la curva media:

$$E = 100 * \left( 0,97^{0,19 \text{Log} \left( \frac{C}{T} \right)} \right) \quad (3.8)$$

Las variaciones, como se muestra en las curvas envolventes, son debidas a los mismos factores que influncian el coeficiente K en la curva de Brown; siendo la

envolvente superior para cuencas con predominio de sedimentos gruesos, mientras que, la envolvente inferior corresponde a cuencas con sedimentos mayoritariamente coloidales; a pesar de su simplicidad, la curva de Brune es considerada más precisa que la curva de Brown. (U. S. Army Corps of Engineers, 1989).

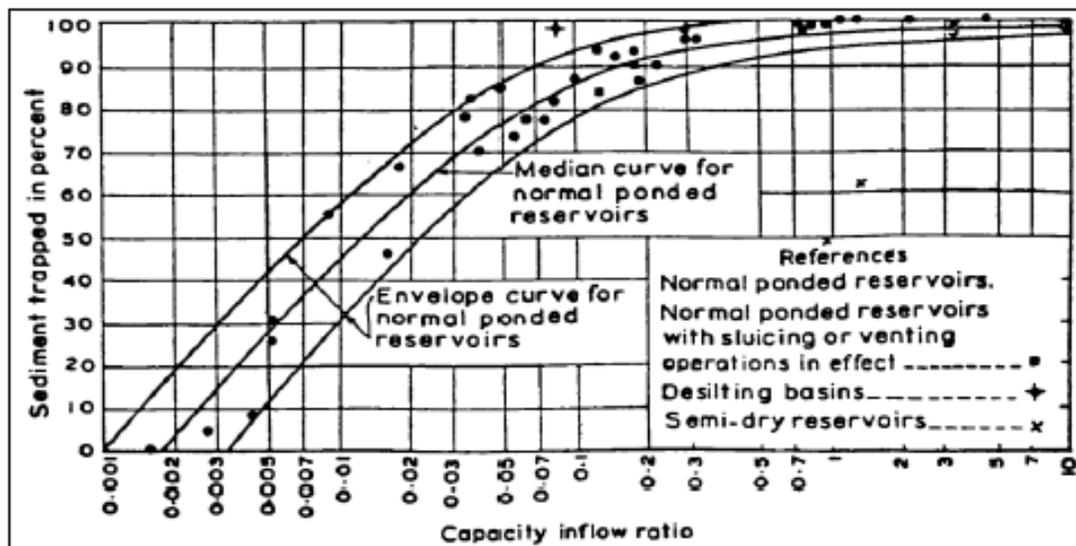


Figura 3.6 Curva de eficiencia de atrapamiento por Brune. (U.S Army Corps of Engineers, 1989).

### 3.2.3.3 Método del índice de sedimentos (Curva de Churchill)

Churchill en 1948 presentó una relación referente al índice de sedimentación (SI) para la eficiencia de atrapamiento. La relación mostrada en la figura 5, fue desarrollada utilizando datos de la Autoridad de Embalses de Tennessee Valley. El índice de sedimentación de un embalse es el periodo de retención dividido por la velocidad media del embalse. Si el tiempo de retención o la velocidad media no pueden ser obtenidos desde datos de campo, la aproximación puede ser hecha asumiendo que el tiempo de retención efectivo es igual al tiempo de retención calculado usando la relación C/I. El periodo de retención (R, en segundos) puede ser calculado por la obtención de la capacidad (C, en pies cúbicos) del embalse en el

nivel medio de operación y dividiéndola por el caudal medio diario de entrada (I, en pies cúbicos por segundos). La velocidad media (V, en pies por segundo) es obtenida por la división del caudal medio diario de entrada y el área de la sección transversal (A, en pies cuadrados) en el cual el área promedio de la sección transversal es obtenida por la división de la capacidad y la longitud del embalse (L) en pies, en el nivel medio de operación del embalse). Esto puede ser escrito matemáticamente como:

$$S.I = R/V \quad (3.9)$$

$$R = C/I \quad (3.10)$$

$$V = I/A \quad (3.11)$$

$$A = C/L \quad (3.12)$$

$$S.I = \frac{CA}{I^2} = \left(\frac{C}{I^2}\right)\left(\frac{C}{L}\right) = \left(\frac{\left(\frac{C}{I}\right)^2}{L}\right) \quad (3.13)$$

El S.I- puede ser reducido a la relación C/I al cuadrado dividida por la longitud del embalse. Cabe señalar que la relación de Churchill tiene “porcentaje de limos de entrada pasando a través del embalse” en el eje de ordenadas, por lo cual es necesario determinar la diferencia entre el valor obtenido y el 100% de eficiencia de atrapamiento. El término “limos” en el eje ordenado significa todas las clases de tamaño de sedimento. (U. S. Army Corps of Engineers, 1989).

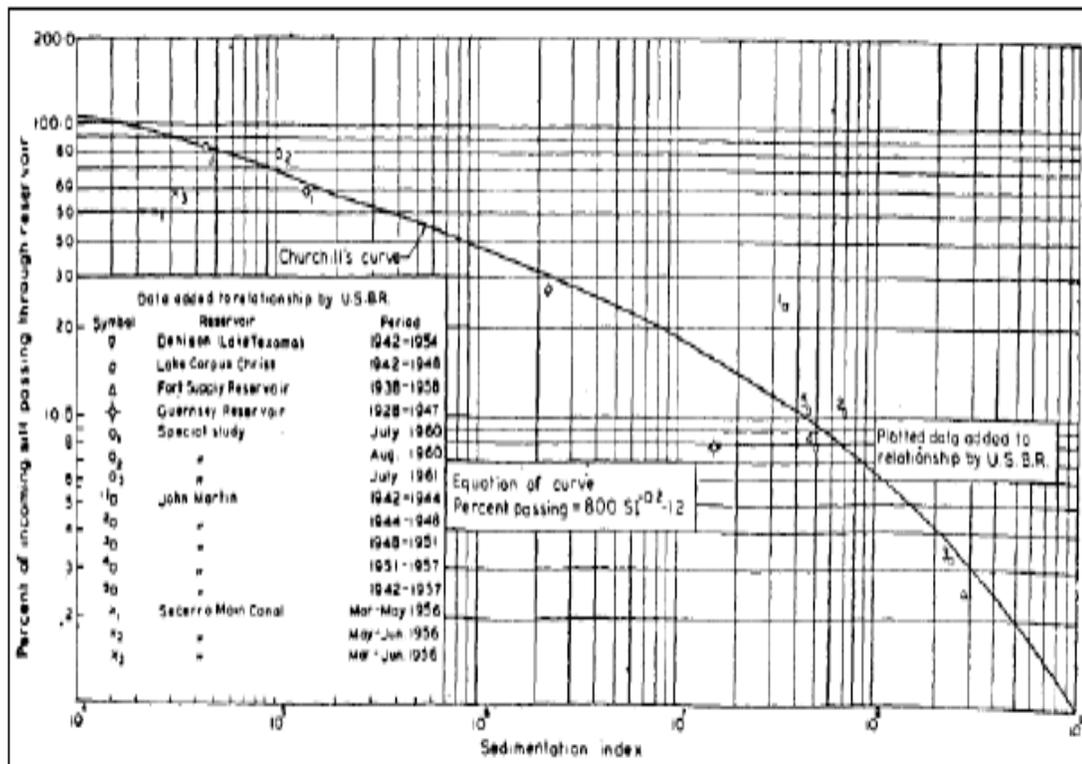


Figura 3.7 Curva de eficiencia de atrapamiento por Churchill (U.S Army Corps of Engineers, 1989).

### 3.3 Bases Legales

#### 3.3.1 Ley de aguas

Gaceta oficial de la República Bolivariana de Venezuela No: 35.595 del 02-01-2007.

Artículo 3.- La gestión integral de las aguas comprende, entre otras, el conjunto de actividades de índole técnica, científica, económica, financiera, institucional, gerencial, jurídica y operativa, dirigidas a la conservación y aprovechamiento del agua en beneficio colectivo, considerando las aguas en todas sus formas y los ecosistemas naturales asociados, las cuencas hidrográficas que las contienen, los

actores e intereses de los usuarios o usuarias, los diferentes niveles territoriales de gobierno y la política ambiental, de ordenación del territorio y de desarrollo socioeconómico del país.

Artículo 12.- El control y manejo de los cuerpos de agua se realizará mediante:

1. La clasificación de los cuerpos de agua o sectores de éstos, atendiendo a su calidad y usos actuales y potenciales.
2. El establecimiento de rangos y límites máximos de elementos contaminantes en afluentes líquidos generados por fuentes puntuales.
3. El establecimiento de condiciones y medidas para controlar el uso de agroquímicos y otras fuentes de contaminación no puntuales.
4. La elaboración y ejecución de programas maestros de control y manejo de los cuerpos de agua, donde se determinen las relaciones causa-efecto entre fuentes contaminantes y problemas de calidad de aguas, las alternativas para el control de los efluentes existentes y futuros, y las condiciones en que se permitirán sus vertidos, incluyendo los límites de descargas máxicas para cada fuente contaminante y las normas técnicas complementarias que se estimen necesarias para el control y manejo de los cuerpos de aguas.

La clasificación de los cuerpos de agua y la aprobación de los programas maestros de control y manejo de los mismos, las cuales se podrán realizar conjunta o separadamente con los planes de gestión integral de las aguas en el ámbito de las cuencas hidrográficas.

### **3.4 Definición de términos básicos**

#### **3.4.1 Afluentes**

Corresponde a un curso de agua, también llamado tributario, que desemboca en otro río más importante con el cual se une en un lugar llamado confluencia. Ordoñez, J. (2011).

#### **3.4.2 Aliviadero**

Estructura por encima de la cual o a través de la cual el caudal es liberado durante las avenidas. Si, por ejemplo, el caudal es controlado por medio de compuertas, se trata de un aliviadero con compuertas; en el caso contrario, se trata de un aliviadero de labio fijo (CIGB, 2015).

#### **3.4.3 Área del embalse**

Superficie cubierta por un embalse lleno (expresado en  $\text{km}^2$ ) (CIGB, 2015).

#### **3.4.4 Ataguía**

Estructura temporal realizada durante la construcción con el fin de que las obras definitivas pueda hacerse en seco. Una ataguía de desvío permite desviar un curso de agua a un conducto, un canal, un túnel (CIGB, 2015).

#### **3.4.5 Auscultación**

Colocación de aparatos de medida instalados en una presa o cerca de ella para evaluar el comportamiento y los rendimientos de una estructura (CIGB, 2015).

### **3.4.6 Avenida**

Subida temporal de las aguas de un río o de un cauce como consecuencia de lluvias importantes en la cuenca vertiente. Conlleva la inundación de zonas habitualmente secas (CIGB, 2015).

### **3.4.7 Avenida de proyecto**

Avenida de cálculo utilizada para proceder al dimensionamiento de una presa y sus obras anejas tales como los aliviaderos y los órganos de desagüe y para determinar la capacidad máxima de almacenamiento, la altura de la presa y los resguardos necesarios (CIGB, 2015).

### **3.4.8 Caudal**

Es el volumen de agua que pasa por una determinada sección transversal en la unidad de tiempo, generalmente se expresan en  $m^3/s$ . (Ordoñez, J., 2011).

### **3.4.9 Coronación**

Plano más alto de una presa de hormigón o mampostería.

### **3.4.10 Corte**

Vista de una presa como sección del interior en sentido perpendicular al eje (CIGB, 2015).

### **3.4.11 Cuenca hidrográfica**

Zona drenada hasta un punto particular de un río o de un curso de agua (expresada en km<sup>3</sup>) (CIGB, 2015).

### **3.4.12 Cuenca vertiente**

La cuenca de captación o cuenca vertiente es, para una presa, la zona situada aguas arriba de la presa (a menudo expresada en km<sup>3</sup>). Las precipitaciones que caen en la cuenca vertiente de una presa discurren y vierten hasta la presa (CIGB, 2015).

### **3.4.13 Derivar**

Hacer ir en una dirección diferente (CIGB, 2015).

### **3.4.14 Desagüe de fondo**

Órgano de desagüe en la parte baja del embalse utilizado habitualmente para vaciar el embalse o evacuar los sedimentos y a veces para permitir el regadío (CIGB, 2015).

### **3.4.15 Distancia de resguardo**

Vertical entre el nivel máximo de un embalse y la altura de la presa (CIGB, 2015).

### **3.4.16 Erosión**

Deterioro progresivo de una superficie, sea un río, el lecho de un curso de agua, una riera o cualquier otra superficie provocado por el flujo del agua, las olas de los embalses, el viento o cualquier otro proceso natural (CIGB, 2015).

### **3.4 17 Espesor de tongada del hormigón**

Espesor de las capas sucesivas de hormigón delimitadas por juntas de construcción horizontales (CIGB, 2015).

### **3.4 18 Estabilidad**

Condición de una estructura que es capaz de soportar fuerzas y presiones instantáneas o de larga duración sin sufrir deformaciones significativas (CIGB, 2015).

### **3.4 19 Evaporación**

Proceso de paso de un líquido al estado gaseoso o de vapor que se mezcla con el aire (CIGB, 2015).

### **3.4.20 Longitud de la coronación de la presa.**

Longitud de la cima de la presa de una orilla a otra (CIGB, 2015).

### **3.4.21 Márgenes del embalse**

Límites de la superficie del agua del embalse (CIGB, 2015).

### **3.4.22 Nivel aguas abajo**

Nivel del agua que se encuentra inmediatamente aguas debajo de la presa. El nivel de aguas abajo varía según los caudales liberados desde la presa y según las influencias de las otras presas y estructuras situadas aguas abajo (CIGB, 2015).

### **3.4.23 Nivel mínimo de explotación**

Nivel más bajo que puede alcanzar el embalse en condiciones normales de explotación; corresponde al nivel inferior de capacidad útil de embalsado (CIGB, 2015).

### **3.4.24 Órgano de desagüe**

Abertura a través de la cual el agua puede ser liberada desde un embalse a un río (CIGB, 2015).

### **3.4.25 Pie de la presa**

Intersección del paramento aguas abajo con el terreno; se llama también “pie de aguas abajo”.

La intersección con el paramento aguas arriba se llama talón o pie de aguas arriba. Fin de crear un embalse y controlar el caudal (CIGB, 2015).

### **3.4.26 Talud**

Inclinación en relación con un plano horizontal; pendiente mide la inclinación respecto a la vertical (CIGB, 2015).

### **3.4.27 Toma de agua**

Situada a la entrada de los órganos de desagüe, la toma de agua fija el nivel último de vaciado del embalse. Puede tratarse de torres verticales o inclinadas, o de estructuras sumergidas. El nivel de las tomas está fijado según los caudales requeridos, teniendo en cuenta la sedimentación y el nivel deseado de vaciado (CIGB, 2015).

### **3.4.28 Umbral de los aliviaderos**

Nivel inferior de los aliviaderos; corresponde al nivel mínimo del embalse que permite el paso del agua por los aliviaderos (CIGB, 2015).

### **3.4.29 Volumen activo**

Suma del volumen útil y del volumen inactivo (CIGB, 2015).

### **3.4.30 Volumen de control de avenidas**

Hecho de almacenar o de retardar las avenidas por medio de una operación planificada como en el caso de los embalses, o por el rellenado temporal de zonas inundables, como el hecho de hacer derivar agua en un canal de flujo natural (CIGB, 2015).

### **3.4.31 Volumen de la presa**

Volumen total de la estructura de la presa desde el nivel de cimentación a la coronación de la presa y del estribo derecho al estribo izquierdo (CIGB, 2015).

### **3.4.32 Volumen de nivelación**

Volumen de la franja por encima del volumen útil entre el nivel de embalse normal y el nivel máximo del agua (CIGB, 2015).

### **3.4.33 Volumen del embalse**

Volumen de agua retenida y almacenada por la presa (CIGB, 2015).

### **3.4.34 Volumen inactivo**

Volumen entre el órgano de desagüe más bajo y el nivel mínimo de explotación (CIGB, 2015).

### **3.4.35 Volumen muerto**

Volumen de la capa de agua situada debajo de la toma de agua más baja y que, por tanto, no puede evacuarse del embalse excepto por bombeo (CIGB, 2015).

### **3.4.36 Volumen útil**

Volumen del embalse que está disponible para usos como la producción de energía, el regadío, el control de las avenidas, el suministro de agua.

Su nivel más bajo del embalse es el nivel mínimo de explotación. Su nivel más alto es el nivel de embalse normal (CIGB, 2015).

### **3.4.37 Zona inundable**

Tierras próximas a un embalse o a un río que pueden ser cubiertas por el agua. Este término es igualmente utilizado para describir la zona aguas abajo que sería inundada o afectada por avenidas importantes, o en caso de rotura de la presa.

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

#### **4.1 Tipo de investigación**

Según Danhke, G., (1986) “Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. En un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide cada una de ellas independientemente, para así y valga la redundancia describir lo que se investiga”.

Este tipo de investigación es descriptiva porque buscamos determinar cualidades, características, y rasgos más relevantes sobre las características de la capacidad volumétrica de agua (volumen útil) y de sedimentos (volumen muerto) del vaso de almacenamiento del embalse Wará II en el río Wará.

#### **4.2 Diseño de investigación**

##### **4.2.1 Investigación de campo**

El diseño de la investigación es de campo y constituye un plan estructurado de acción que en función de unos objetivos básicos está orientado a la obtención de datos relevantes a los problemas e indicadores planteados. El diseño de investigación de campo se explica según el criterio de Hernández y Otros (1996: 53), como:

“La estrategia metodológica que permite evaluar de manera adecuada las relaciones entre las variables, es decir, el diseño le indica al investigador que observaciones hacer, cómo hacerlas y cómo analizar los datos que representan tales observaciones.”

La presente investigación se considera de campo, ya que se realizará la recolección de datos en el lugar objeto de la investigación, tales como: mediciones de la geometría y dimensiones del dique y batimétricas del fondo del embalse Wará II.

#### **4.2.2 Investigación documental**

Según Hernández, R., (2004), “es aquella que se realiza a través de la consulta de documentos (libros, revistas, periódicos, memorias, anuarios, registros, códigos, constituciones, etc.)”.

Es documental porque se realiza la recopilación de información bibliográfica, revisiones en la Web, revisión climatológica (datos almacenados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), cartográfica (Cartas a escala 1:100000 emitidas por el Instituto Geográfico Simón Bolívar) y documentos de investigaciones ya existentes sobre la zona de estudio.

### **4.3 Población y muestra de la investigación**

#### **4.3.1 Población de la investigación**

Balestrini, M. (2004) expresa que:

“Estadísticamente hablando, por población se entiende un conjunto finito o infinito de personas, casos o elementos que representan características comunes. Una población o universo puede estar referido a cualquier conjunto de elementos de los cuales pretendemos indagar y conocer sus características, o una de ellas, y para el cual serán válidas las conclusiones obtenidas en la investigación”.

La población a ser considerada como objeto de estudio es todo el cuerpo de agua contenida en el vaso de almacenamiento de la represa Wará II en el río Wará, municipio Gran Sabana, estado Bolívar, Venezuela.

### **4.3.2 Muestra de la investigación**

Según Balestrini, M. (2006), “La muestra es un subconjunto representativo de un universo o población”.

La muestra a utilizar será de carácter opinático, y estará constituida por todo el cuerpo de agua de la represa Wará II en el río Wará.

## **4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **4.4.1 Técnicas de recolección de datos**

Según Arias, F. (2006), las técnicas de recolección de datos son las distintas maneras de obtener información. Por otra parte, este autor plantea que las herramientas son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información.

Para este trabajo de grado se utilizaron técnicas de recolección de datos mencionadas a continuación:

#### **4.4.1.1 La revisión bibliográfica**

La cual permitió abordar el estudio en función de los objetivos planteados. Primeramente, se buscó información sobre diferentes tipos de gestión y planificación de varios proyectos de investigación, la cual justifica ampliamente la realización de este trabajo de grado. Para maximizar los resultados de este procedimiento se utilizaron a su vez técnicas operacionales como: subrayado, fichaje, notas de referencia bibliográfica, entre otras.

#### **4.4.1.2 El fichaje**

Esta técnica consiste en registrar los datos que se van obteniendo en la revisión bibliográfica, en fin, en las diferentes etapas y procesos que se van desarrollando. Esto nos permitió manejar la información de manera organizada y así maniobrar ideas de forma lógica.

La información obtenida de los diferentes medios, se fue archivando mediante el uso de Microsoft Word, cumpliendo el papel de las llamadas fichas, con los correspondientes datos bibliográficos para posteriormente al utilizar la información poderla citar de una manera correcta y con mayor facilidad.

#### **4.4.2 Instrumentos de recolección de datos**

- a. Teodolito
- b. Mira topográfica
- c. Cinta Métrica
- d. Clinómetro
- e. Jalón
- f. Nivel de burbuja
- g. GPS
- h. Equipo de computación
- i. Calculadora
- j. Programas de ofimática, Hec-Ras, Autocad, etc.

#### **4.5 Flujograma de la metodología de trabajo.**

A fin de realizar la investigación con mayor eficiencia y cumplir con los objetivos propuestos para la caracterización y descripción de la capacidad de

almacenamiento y vida útil de la represa Wará II, se plantean las siguientes actividades:

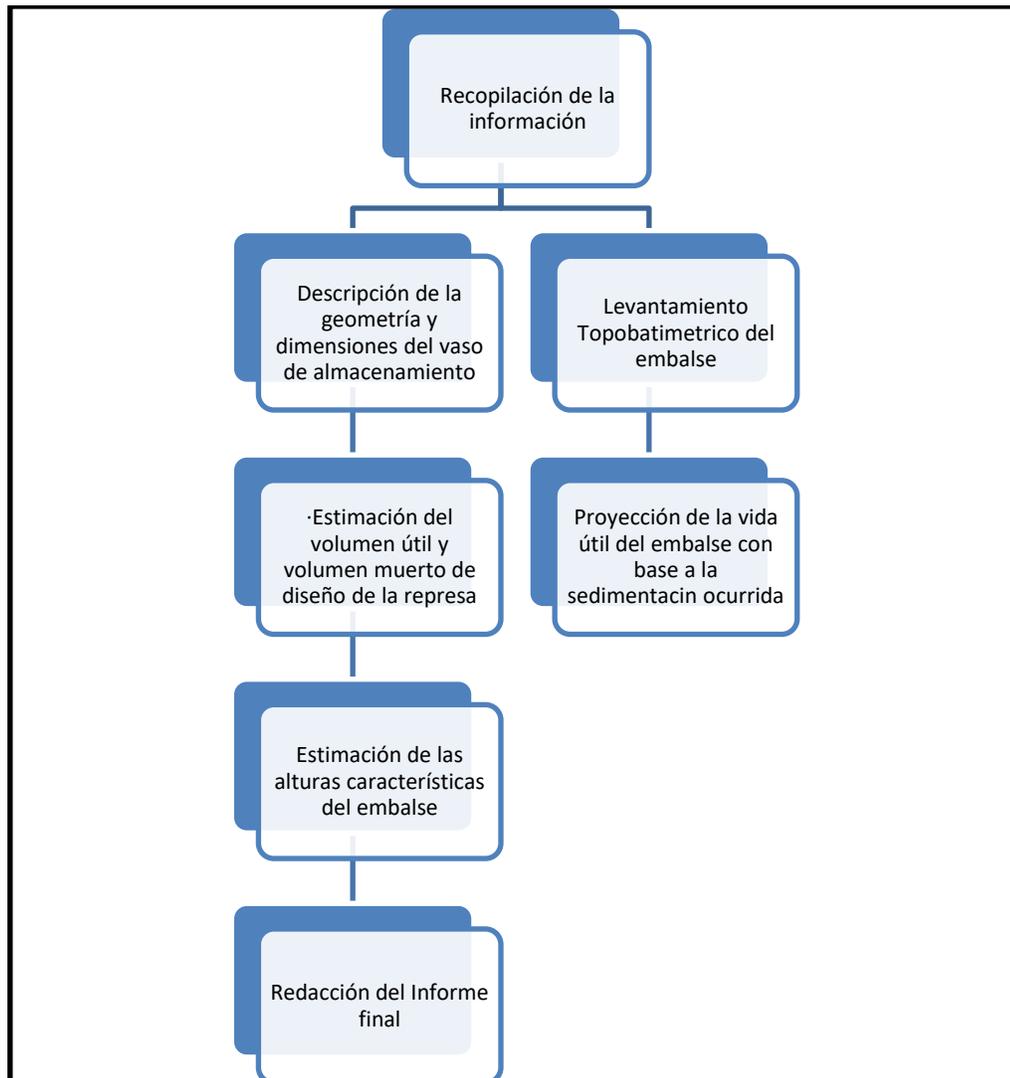


Figura 4.1 Flujograma de la investigación

#### 4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos

A continuación se describirá la metodología que ha sido esquematizada en el flujograma antes presentado.

#### **4.6.1 Recopilación de la información y reconocimiento de campo**

Esta actividad comprendió la recopilación y consulta de toda la información tanto bibliográfica como cartográfica existente del área de estudio, que sirve de base en la elaboración de la investigación. En la parte bibliográfica fueron revisados trabajos de investigación y libros relacionados al tema de estudio, información extraída en la biblioteca de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar. Además de trabajos de investigación publicados en la web referentes a esta investigación.

En cuanto a la inspección en campo, esta se realiza para la selección del área definitiva de trabajo y la escogencia de la mejor estrategia para la ejecución de las actividades en campo.

#### **4.6.2 Determinación de la geometría y dimensiones del embalse**

Se efectuará el reconocimiento en campo para la determinación de las dimensiones y geometría del embalse y del dique de concreto de la represa Wará II.

La descripción del vaso de almacenamiento se basará en la elaboración de un levantamiento topo-batimétrico para la construcción de secciones transversales del lecho del embalse y de un plano batimétrico del mismo.

Asimismo, se describirán las condiciones actuales del lecho del embalse.

#### **4.6.3 Estimación del volumen útil y volumen muerto de diseño del embalse**

Con base al dimensionamiento del dique, considerando la altura de ubicación de la obra de toma y del aliviadero del dique se estimará los volúmenes de agua que

se almacenarían en el embalse, así como también el volumen de sedimentos que se acumularían durante la vida útil del embalse.

#### **4.6.4 Estimación de las alturas características del embalse**

Considerando la altura de la obra de toma, altura del aliviadero, la cota de fondo del embalse al pie de la presa y la altura del borde libre se determinara: el nivel de aguas muertas, el nivel de aguas normales, el nivel de aguas máximas de operación y la altura total de la presa.

#### **4.6.5 Estimación de la vida útil proyectada de la represa con base a la sedimentación ocurrida durante su operación**

Considerando el nivel promedio que tenía el vaso de almacenamiento para el momento de la construcción de la represa que está representado en el levantamiento batimétrico realizado durante el año 2007, se establece la diferencia de cota promedio con el levantamiento batimétrico del lecho del embalse realizado durante el año 2018 y se multiplica por la superficie del vaso, obteniéndose el volumen aproximado de sedimentación ocurrido durante la década de operación de la represa y la tasa de sedimentación anual.

Estableciendo la diferencia de cotas entre el plano batimétrico del año 2018 y la altura de la obra de toma, se podrá determinar el volumen de sedimentos necesarios para que ocurra la colmatación del embalse. Este volumen de sedimentos estimados dividido entre la tasa de sedimentación anual calculada, dará como resultado la vida útil proyectada de la represa.

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

A continuación se mostrarán los productos o informaciones generadas a partir de los datos obtenidos y procesados según la metodología planteada en el capítulo anterior.

#### **5.1 Geometría y dimensiones del vaso de almacenamiento y el dique o presa del embalse Wará II.**

##### **5.1.1 Geometría y dimensiones del embalse**

En ese sentido, se realizó un levantamiento topo-batimétrico utilizando los siguientes equipos:

- a. Teodolito electrónico marca Leica.
- b. Mira estadimétrica.
- c. GPS marca Garmin.
- d. Cinta métrica.
- e. Brújula marca KE tipo Brunton.
- f. Jalones.
- g. Fichas o estacas metálicas.

Durante este levantamiento taquimétrico se posicionaron 24 puntos de interés desde una única estación denominada C ubicada en el extremo derecho de la rejilla de captación de agua en la cresta del dique de concreto. La determinación de las coordenadas UTM (Datum REGVEN) de los puntos de interés se muestran en el Apéndice A.1 y en las figuras siguientes se presentan en primer lugar, la superficie de

interpolación para el cálculo de curvas de nivel de la superficie del embalse y en segundo lugar, el plano topográfico del embalse Wará II.

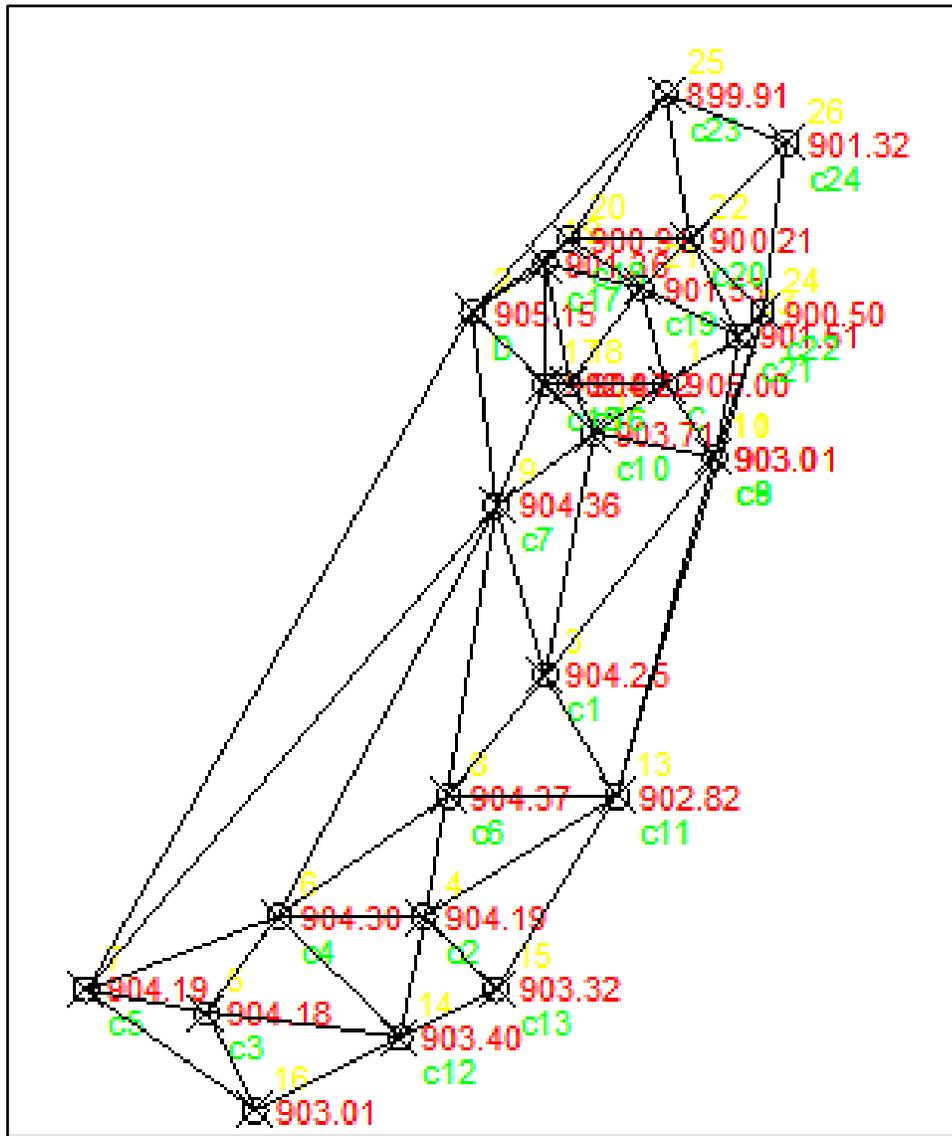


Figura 5.1 Superficie de triangulación de coordenadas para construcción del plano topográfico del embalse Wará II correspondiente al año 2007.

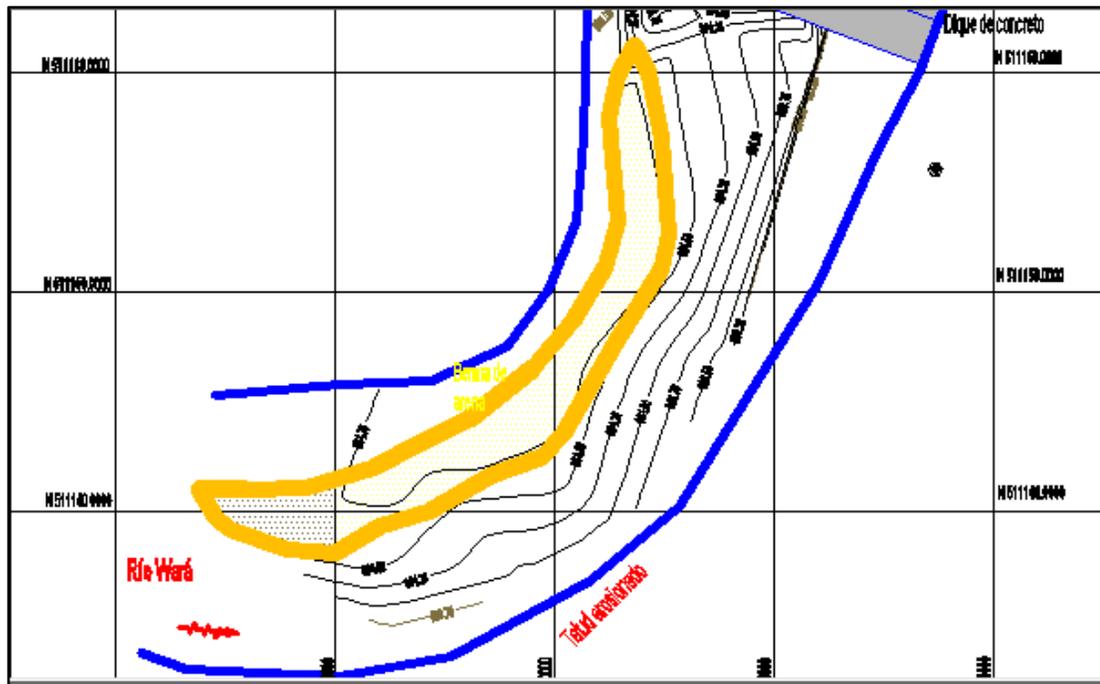


Figura 5.2 Esquema topográfico del lecho actual del embalse Wará II.

### 5.1.2 Dimensiones y geometría del dique de concreto

En vista de que las dimensiones y la geometría del dique de concreto de la represa Wará II es muy importante para la determinación del volumen de agua acumulado en la misma, se procede a continuación a presentar en las figuras 5.3, 5.4 y 5.5 las vistas geométricas de la presa mostrando sus dimensiones.

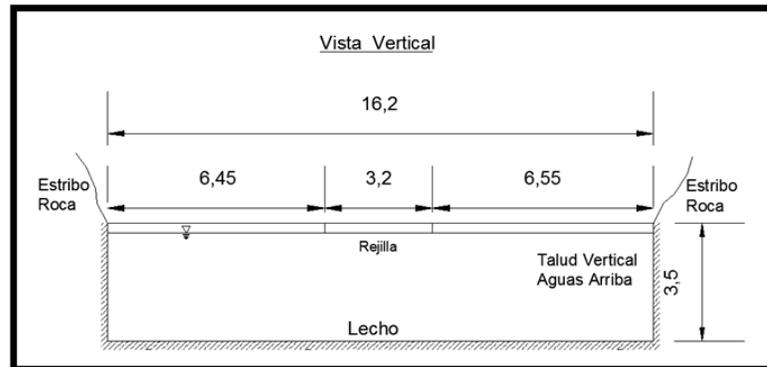


Figura 5.3 Vista frontal vertical del dique de concreto Wará II

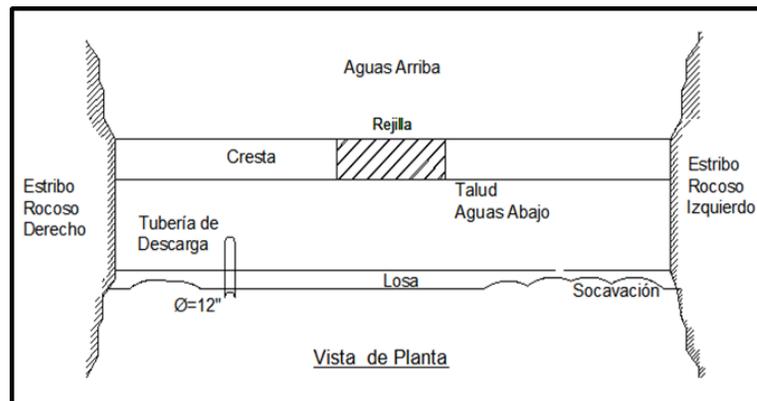


Figura 5.4 Vista en planta del dique de concreto Wará II.

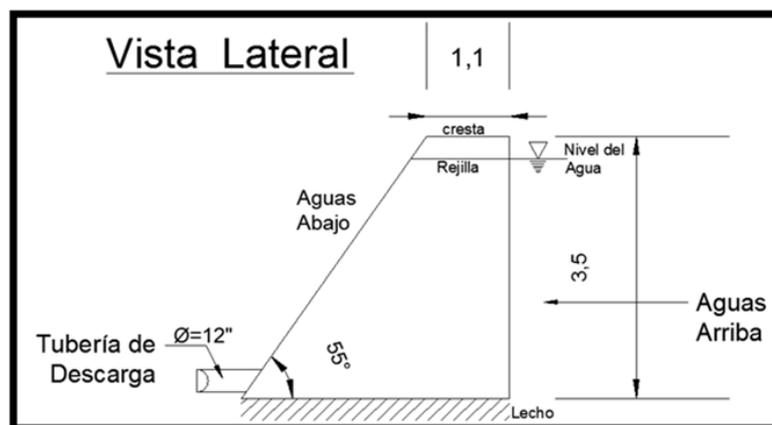


Figura 5.5 Vista lateral del dique de concreto Wará II.

## **5.2 Alturas y volúmenes características de diseño del embalse Wará II.**

En vista de que no se dispone de los parámetros para el cálculo de diseño de los volúmenes y alturas características del embalse Wará II, se basará las apreciaciones siguientes en las dimensiones y geometría del dique de concreto donde se encuentran instaladas las estructuras de la obra de toma y la descarga o aliviadero de la represa.

### **5.2.1 Alturas características de diseño**

En ese sentido, se observa que la represa funciona con una obra de captación tipo rejilla horizontal en la cresta ubicada a una cota de 904.50 msnm, la cual será asumida como el Nivel de Aguas Normales de Operación (NANO).

Asimismo, se observa en el diseño del dique que se dispone de una altura disponible de 0.20 m sobre la rejilla de captación para captar agua, ello implica que el Nivel de Aguas Máximas de Operación (NAMO) se encuentra a una cota de 904.70 msnm.

Finalmente, considerando que existe una tubería de 12 pulgadas de diámetro a una altura actualmente de 0.50 m sobre la cota de fondo del embalse (901.50 msnm), se asume que esta solo tiene una utilidad para aplicar procedimientos de desalojo de sedimentos del vaso de almacenamiento (método español). Sin embargo, se infiere que una vez este nivel de descarga sea colmatado por los sedimentos, se podría considerar que existe una altura de 2.50 m disponibles para sedimentos en el embalse. Dicho en otras palabras, el Nivel de Aguas Muertas (NAMp) primario estaría a una cota de 902.00 msnm y Nivel de Aguas Muertas (NAMs) secundario estará a la cota de 904.50 msnm. (Figura 5.6).

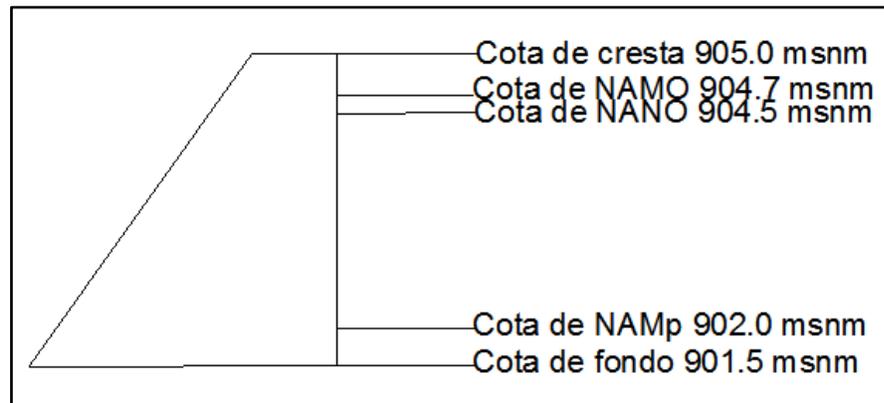


Figura 5.6 Esquema de alturas características de la represa Wará II.

### 5.2.2 Volúmenes característicos de diseño

Al igual que las alturas características de diseño de la represa Wará II, los volúmenes característicos, serán determinados en función del diseño original de la represa. En ese sentido, se estimará el volumen útil ( $V_u$ ) y el volumen muerto ( $V_m$ ) de diseño de la represa a partir de las curvas de áreas y capacidades construidas a partir del plano batimétrico del año 2007 (figura 5.7).

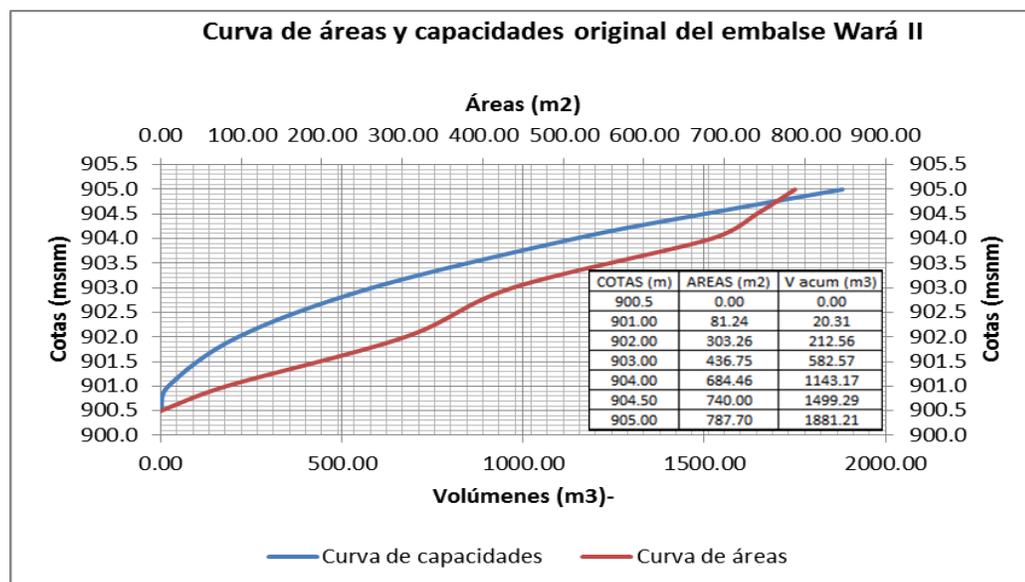


Figura 5.7 Curva de áreas y capacidades original para el año 2007.

La cota del fondo al pie de la presa para el año de fabricación de la presa (según levantamiento batimétrico del año 2007) era de 900.50 msnm. La cota de la obra de toma es de 904.50 msnm lo que implica una diferencia de altura de 3.50 m.

Las curvas de áreas y capacidades originales de la presa indican que para la altura de la descarga (cota 902.0 msnm) se tenía un Volumen muerto de 303.26 m<sup>3</sup>. Asimismo, que para la cota de la obra de toma, se tendría un Volumen total de 684.46 m<sup>3</sup>. De ello, se deduce por diferencia de volúmenes que el Volumen útil de diseño de la presa era de 381.20 m<sup>3</sup>.

### 5.3 Curva de áreas y capacidades actual de la presa Wará II

Con base al levantamiento topo-batimétrico realizado al vaso de almacenamiento de la presa Wará II, se calcularon las curvas de áreas y capacidades de acuerdo a la tabla y datos presentados a continuación:

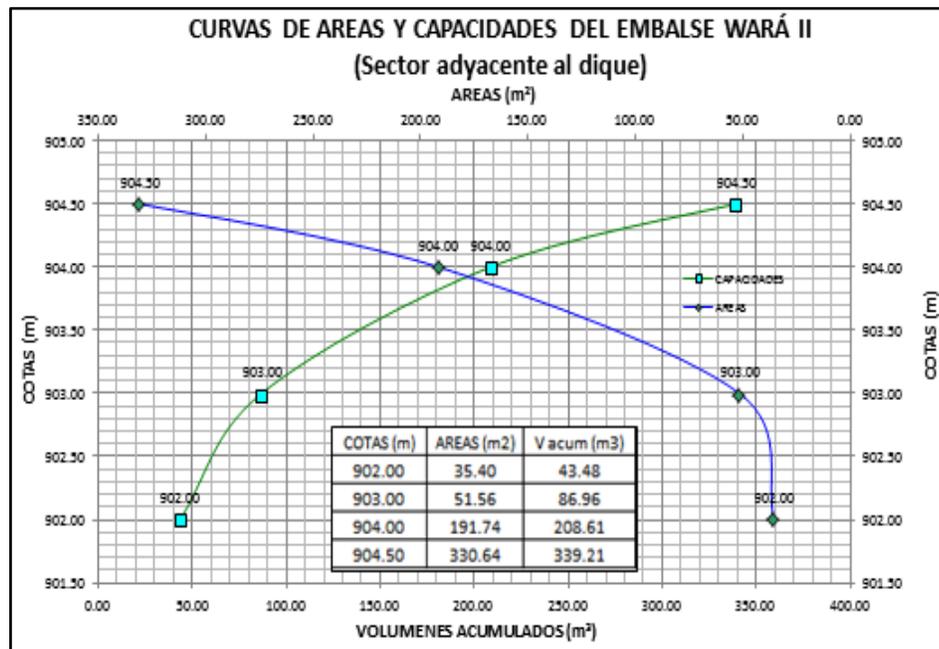


Figura 5.8 Curva de áreas y capacidades del dique Wará II.

Cabe destacar que este instrumento permite estimar una capacidad mínima de almacenamiento de  $339.21 \text{ m}^3$  de agua en el vaso de almacenamiento de la represa Wará II.

### **5.3.1 Nivel de aguas muertas del embalse**

Se utilizará el método modificado de Reducción Empírica de Áreas desarrollado por Whitney Borland, Carl Miller, Moody W. T. y Lara J. M. del USBR (1962) para la determinación de la elevación de los sedimentos al pie de la presa para una vida útil determinada.

En primer lugar, se considerarán los datos de la curva de áreas y capacidades para determinar la altura relativa de los sedimentos según la tabla 5.1.

Datos:

Vida útil = 100 años (según diseño original).

Tasa de sedimentación anual =  $132.60 \text{ m}^3/\text{año}$  (según tabla 5.7).

Volumen de sedimentos en la vida útil (S) =  $100 \text{ años} \times 132.60 = 13260 \text{ m}^3$

Nivel de aguas normales de operación (cota de rejilla de toma) =  $905.10 \text{ msnm}$ .

Profundidad del agua en la presa (H) =  $3.50 \text{ m}$ .

Tabla 5.1 Estimación de la función  $h(p)$  en función de la profundidad relativa.

Cotas	Profundidad	Volúmenes	Áreas	S - V(h)	H x A(h)	$h'(p)$
	relativa	acumulados	inundadas			
		V(h)	A(h)			
(m)		(m <sup>3</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	
902.00	0.00	0.00	0.00	13260.00	0.00	
902.50	0.14	60.00	40.00	13200.00	140.00	94.29
903.00	0.29	86.96	51.56	13173.04	180.46	73.00
903.50	0.43	140.00	110.00	13120.00	385.00	34.08
904.00	0.57	208.61	191.74	13051.39	671.09	19.45
904.50	0.71	339.21	330.64	12920.79	1157.24	11.17
905.00	0.86	450.00	400.00	12810.00	1400.00	9.15
905.10	0.89	455.00	410.00	12805.00	1435.00	8.92

La tabla 5.1 fue elaborada de la siguiente manera:

- a. Columna 1. Cotas: Cotas del embalse.
- b. Columna 2. Profundidades relativas: La profundidad correspondiente a cada cota dividida por la profundidad total del embalse (3.5 m).
- c. Columna 3. Volúmenes acumulados: volúmenes del embalse para cada cota.
- d. Columna 4. Áreas inundadas: áreas del embalse para cada cota.
- e. Columna 5. S-V(h): Volumen total de sedimentos (13260 m<sup>3</sup>), menos el valor correspondiente de la columna Volúmenes del embalse para cada cota.
- f. Columna 6. HxA(h): Profundidad total del embalse (3.50 m) multiplicada por los valores de la columna Áreas inundadas.
- g. Columna 7. Función  $h'(p)$ : Valores de la columna 5 divididos por los correspondientes de la columna 6.

Una vez determinada la función  $h'(p)$  se clasifica el embalse (figura 5.9). De acuerdo a la Tabla 5.2. Se obtiene que para  $m = 2.33$  el embalse es tipo III, Colinas – Cerro.

Tabla 5.2 Tipos de embalse (USBR, 1962).

Tipo de embalse	Clasificación	m
Garganta o desfiladero	IV	1 – 1.50
Colinas-cerro	III	1.50 – 2.50
Llanura-pie de monte	II	2.50 – 3.50
Lago	I	3.50 – 4.50

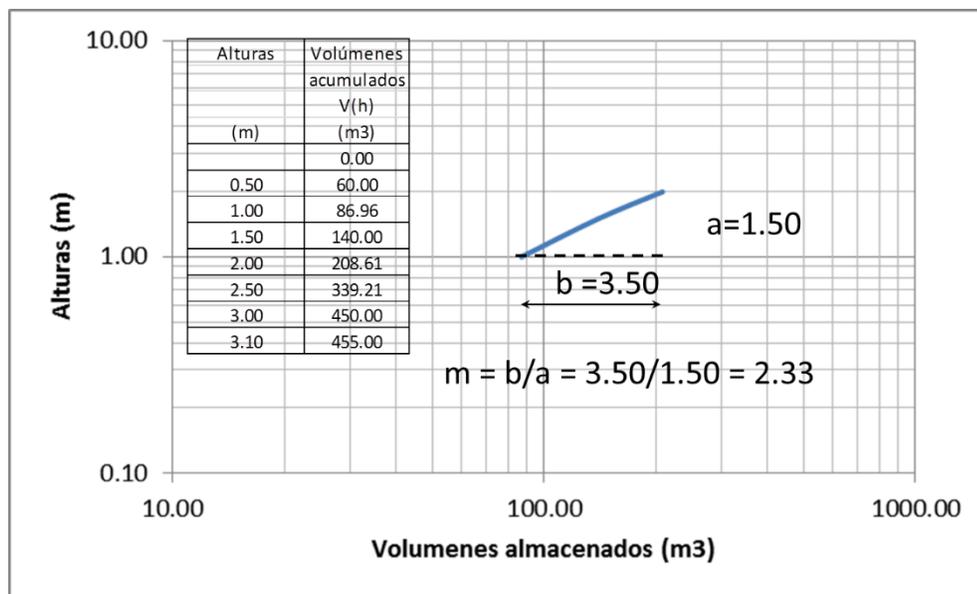


Figura 5.9 Gráfico de clasificación del embalse.

A continuación se elabora la Figura 5.10 tomando la curva correspondiente a los embalses tipo III de acuerdo al criterio del USBR. En la misma gráfica se representa la función  $h^*(p)$  correspondiente al embalse Wará II. El punto de intersección de ambas curvas permitirá obtener un valor de profundidad relativa de  $p = 0.64$ , el cual multiplicado por la profundidad del agua al pie de la presa (3.50 m) permitirá obtener la altura de los sedimentos al pie de la presa al cabo de 100 años.

$$Y_o = p \times h = 0.64 \times 3.50 = 2.24 \text{ m}$$

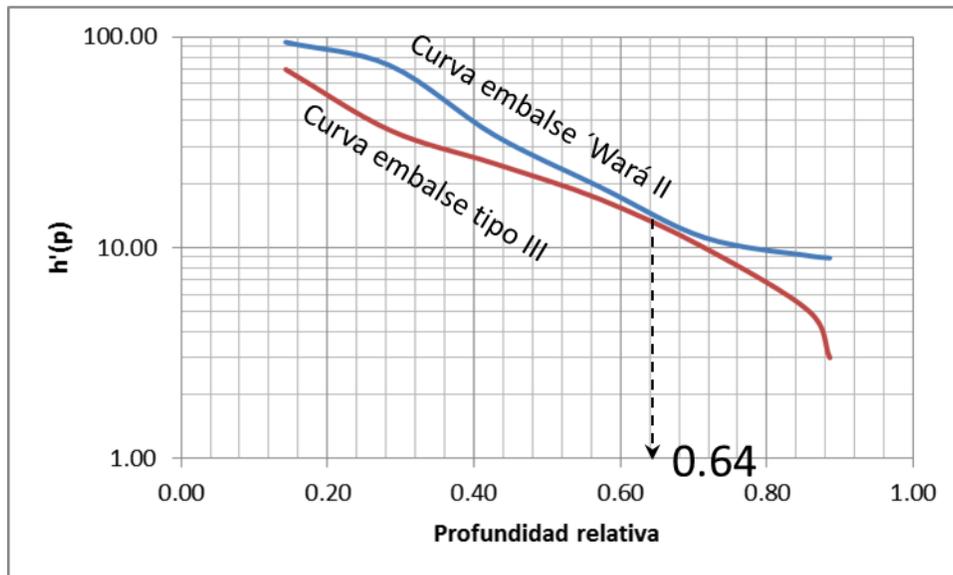


Figura 5.10 Estimación de la altura de los sedimentos al pie de la presa Wará II.

#### 5.4 Vida útil proyectada del embalse Wará II

Para la determinación de la vida útil que le resta al embalse Wará II se deberá estimar en primer lugar la tasa de sedimentación anual que ha ocurrido en el embalse durante su vida operativa, desde su construcción hasta la fecha de elaboración de este documento.

Posteriormente, se determinará el volumen de sedimentos que se podrían depositar en el embalse, desde la cota del nivel promedio actual del lecho del vaso de almacenamiento, hasta la cota de la obra de toma. Ese volumen de sedimentos dividido entre la tasa de sedimentación anual calculada, arrojaría como resultado la vida útil proyectada del embalse Wará II.

#### 5.4.1 Volumen de azolves depositados durante tiempo operativo del embalse

Para la determinación del volumen de azolves dentro del embalse se utilizará la diferencia de la profundidad promedio de dos planos de fecha diferente: de fecha de construcción de la represa (2007) y plano actual (2018).

Con base a los dos planos batimétricos existentes: el elaborado para la fecha de construcción del embalse (Anexo 2) y el construido en la oportunidad de realizar esta investigación (Anexo 1), se procederá a la determinación del volumen de azolves que han sido acarreados por el río Wará y finalmente depositados en el lecho del embalse de la represa Wará II.

Esta cuantificación de los azolves se realizará mediante la determinación de la profundidad promedio del lecho del embalse en cada plano batimétrico y su posterior sustracción.

El resultado de esta diferencia se corresponde con el promedio del banco o espesor de los materiales sedimentados, lo cual multiplicado por el área del embalse resulta en un volumen de sedimentos depositados dentro del vaso de almacenamiento.

Tabla 5.3 Estimación de volumen de azolves en el embalse Wará II.

	<b>Plano 01/2007</b>	<b>Plano 03/2018</b>	<b>Total</b>
<b>Cota promedio (m)</b>	902.00	906.30	4.30
<b>Área del embalse (m<sup>2</sup>)</b>	339.21	339.21	339.21
<b>Volumen azolves (m<sup>3</sup>)</b>			1458.60
<b>Período (años)</b>			11
<b>Tasa de sedimentación anual (m<sup>3</sup>/año)</b>			132.60

## 5.4.2 Capacidad actual o volumen disponible

Considerando la cota de fondo al pie de la presa del embalse para el año 2018 de 901.50 msnm y la cota de la obra de toma 904.50 msnm, se obtiene por diferencia, una altura disponible para albergar agua en el embalse equivalente a: 3.00 m.

Esta altura disponible para agua (3.00 m) de acuerdo a la actual curva de áreas y capacidades del embalse, implica un volumen total de agua almacenada de: 339.21 m<sup>3</sup>.

## 5.4.3 Vida útil proyectada

### 5.4.3.1 Descarga de sedimentos diarios

En primer lugar, se ha determinado que durante los 10 años de operación de la represa se ha producido una sedimentación diaria promedio:

$$\text{Descarga sed diaria} = \text{Vol sed promedio anual} / 365 \text{ días/año} \quad (5.1)$$

$$\text{Descarga sed diaria} = 132.60 / 365 \text{ días/año.}$$

$$\text{Descarga sed diaria} = 0.363 \text{ m}^3/\text{día.}$$

### 5.4.3.2 Peso específico de los sedimentos

A tal efecto, se utiliza el método de Yang (1986) citado por el U.S. Bureau of Reclamation (1987) donde clasifica a los embalses en cuatro (4) tipos de acuerdo al tipo de operación (tabla 5.4).

Tabla 5.4 Clasificación de los embalses de acuerdo a su operación (USBR, 1987).

<b>Tipo</b>	<b>Operación del embalse</b>
1	Sedimentos sumergidos o casi siempre sumergidos
2	Normalmente sumergidos con moderadas variaciones de nivel
3	Embalse normalmente vacío
4	Sedimentos en el fondo del río

Se escogerá para esta investigación un embalse Tipo 1. Se escoge a continuación el peso específico inicial de la arcilla, limo y arena y se calcula un peso específico medio de la siguiente manera:

$$W_o = W_c \cdot p_c + W_m \cdot p_m + W_s \cdot p_s \quad (5.2)$$

Dónde:

$W_o$  : Peso específico medio ( $\text{Kg/m}^3$ ).

$p_c, p_m, p_s$  : porcentaje de arcilla, limo y arena respectivamente de los sedimentos que entran al embalse.

$W_c, W_m, W_s$ : Peso específico inicial de arcilla, limo y arena (tabla 5.5).

Tabla 5.5 Peso específico de la arcilla, limo y arena según la clasificación de operación del embalse (Yang, 1986).

Tipo	Peso específico arcilla ( $\text{kg/m}^3$ )	Peso específico limo ( $\text{kg/m}^3$ )	Peso específico arena ( $\text{kg/m}^3$ )
1	416	1120	1550
2	561	1140	1550
3	641	1150	1550
4	961	1170	1550

Los sedimentos que llegan al embalse son casi siempre una mezcla de arena, limo y arcilla en proporciones que pueden ser halladas en campo o determinadas por casos semejantes.

Yang (1986) citado por USBR (1987) encontró una media para depósitos de sedimentos en embalses:

Para arcilla: 23%  
 Para limo: 40%  
 Para arena: 37%

Aplicando la ecuación 5.2 y de acuerdo a la tabla 5.5 y los porcentajes de arcilla, limo y arena dados anteriormente, se tiene:

$$W_o = 416(0.23) + 1550(0.37) + 1120(0.40)$$

$$W_o = 1117.18 \text{ kgr/m}^3$$

Considerando que la vida útil asignada originalmente al embalse es de 100 años; Miller (1953) citado por Yang (1986) diseñó la siguiente ecuación para determinar el peso específico medio de los sedimentos después de T años de operación:

$$W_T = W_o + 0.4343 k [ (T/(T-1)) \cdot \ln(T) - 1 ] \quad (5.3)$$

Dónde:

$W_T$ : Peso específico medio de los sedimentos después de T años de operación.

$W_o$ : Peso específico medio ( $\text{Kgr/m}^3$ ).

K: Constante basada en el tipo de operación del embalse (tabla 5.6).

Tabla 5.6 Valores de K para arena, limo y arcilla de acuerdo a la operación del embalse (Yang, 1986).

Tipo	K para arena	K para limo	K para arcilla
1	0	91	256
2	0	29	135
3	0	0	0

Determinando el valor de K medio de acuerdo a los porcentajes de arena, limo y arcilla y a la tabla 5.10 se tiene:

$$K = 0.37(0) + 0.40(91) + 0.23(256)$$

$$K = 95.28.$$

Sustituyendo en la ecuación 5.3:

$$W_T = 1117.18 + 0.4343 (95.28) [(100/(100-1)) \cdot \ln(100) - 1]$$

$$W_T = 1268 \text{ kg/m}^3 = 1.268 \text{ ton/m}^3$$

#### 5.4.3.3 Sedimentación total del embalse

Newton de Oliveira Carvalho sugirió que la descarga de sólidos total media anual podía ser determinada por la ecuación 5.4:

$$Dst = Q_t \times 365 \tag{5.4}$$

Dónde:

Dst: Descarga de sólido total anual ( $\text{m}^3/\text{año}$ ).

$Q_t$ : Descarga de sólido diaria (Ton/día).

365: Días del año.

$$Q_t = W_T \text{ (ton/m}^3\text{)} \times \text{Descarga sed diaria (m}^3\text{/día)} \quad (5.5)$$

Sustituyendo en la ecuación 5.5:

$$Q_t = 1.268 \text{ ton/m}^3 \cdot 0.363 \text{ m}^3\text{/día.}$$

$$Q_t = 0.46 \text{ ton/día.}$$

Sustituyendo en la ecuación 5.4:

$$Dst = 0.46 \text{ ton/día} \times 365 \text{ días.}$$

$$Dst = 167.9 \text{ Ton/año.}$$

Considerando el peso específico de  $1.268 \text{ ton/m}^3$ , se tiene:

$$Dst = 4.04 \text{ m}^3\text{/año.}$$

El volumen de sedimentos almacenados en el embalse (S) dependerá de la Eficiencia de atrapamiento de los sedimentos del embalse (ER), la cual se estimará en esta investigación utilizando el modelo de Heinemann (1981) adecuado para pequeños embalses con áreas entre  $0.8 \text{ km}^2$  y  $36.31 \text{ km}^2$  basado en la curva presentada en la figura 5.11.

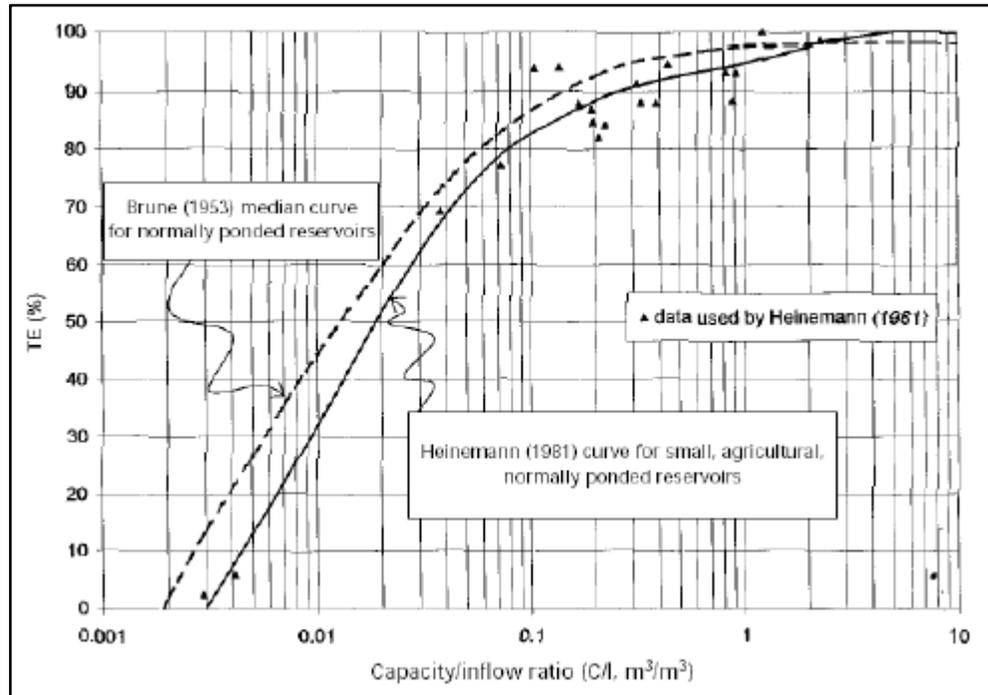


Figura 5.11 Curva de Heinemann, (1981) para pequeños reservorios.

Dónde:

Área de la cuenca =  $23.60 \text{ km}^2 = 2360 \text{ ha}$

TE: Eficiencia de atrapamiento en %

C: Capacidad del embalse en  $\text{m}^3 = 339.21 \text{ m}^3$

P: Precipitación media anual en  $\text{mm} = 1700 \text{ mm}$ .

E prom: Esguerrimiento medio anual en  $\text{mm} = 40\% \text{ de } P = 680 \text{ mm}$ .

I: esguerrimiento =  $(680 \text{ mm}/1000) \times (2360 \text{ ha} \times 10000) = 16048000 \text{ m}^3/\text{año}$ .

$$C/I = 339.21 \text{ m}^3 / 16048000 \text{ m}^3 = 2.1 \times 10^{-5}$$

Lo cual indica una TE que tiende a 0. Implicando que la Descarga de sólidos entrante estimada de  $4.04 \text{ m}^3/\text{año}$  debe ser considerada en su totalidad dentro del embalse para la estimación de la vida útil.

### 5.4.3.2 Vida útil proyectada

Considerando un nivel muerto preliminar hasta la descarga de la cota de 902 msnm, la vida proyectada se determina:

$$V_{up} = \text{Volumen hasta cota 902} / \text{Sed prom anual}$$

$$V_{up} = (43.48 \text{ m}^3) / (4.04 \text{ m}^3/\text{año})$$

$$V_{up} = 10.76 \text{ años.}$$

Ahora bien, por definición el nivel de aguas muertas se define hasta la altura de la obra de toma. En este caso, la obra de toma se encuentra a una cota de 904.50 msnm y el volumen disponible hasta esa cota es de 339.21 m<sup>3</sup>. Luego, la vida útil sería:

$$V_{up} = (339.21 \text{ m}^3) / (4.04 \text{ m}^3/\text{año})$$

$$V_{up} = 84 \text{ años.}$$

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. El vaso de almacenamiento tiene un área de  $330,60 \text{ m}^2$  y tiene forma oblonga con una ribera derecha cóncava y la ribera izquierda es convexa. Asimismo, el embalse se orienta en forma de arco en sentido general Este –Oeste desde el dique hacia la cola del vaso de almacenamiento. Asimismo, el dique de concreto, que consolida el cierre topográfico del vaso de almacenamiento, tiene una altura de 3.5 m, una longitud de 16.1 m con un paramento vertical aguas arriba y un talud de  $55^\circ$  aguas abajo.
2. Las condiciones originales del embalse indicaban, de acuerdo a la curva de áreas y capacidades un volumen muerto de  $303.26 \text{ m}^3$  acumulable hasta la cota de 902 msnm. Asimismo, el volumen total del embalse era de  $684.46 \text{ m}^3$ . Con base a ello, se concluye que el volumen útil de diseño de la represa Wará II era de  $381.20 \text{ m}^3$ .
3. El método de Heinemann para la determinación de la eficiencia de atrapamiento de sedimentos de pequeños embalses permitió determinar que la eficiencia de atrapamiento de los sedimentos de la represa Wará para las condiciones actuales se ha visto ostensiblemente disminuida presumiblemente por las modificaciones morfológicas que ha sufrido la cuenca alta del río Wará y el cauce mismo del río.
4. Considerando la tasa de sedimentación anual que ha aportado la cuenca alta del río Wará el embalse ( $4.04 \text{ m}^3/\text{año}$ ) y tomando en cuenta la cota de la

descarga primaria (cota 902 msnm) -y el volumen disponible de 43.48 m, se estima que esa descarga tendrá una vida útil de 10.76 años.

5. La vida útil proyectada para el vaso de almacenamiento, considerando el nivel de aguas normales de operación (904.50 msnm), y la tasa de sedimentación promedio anual (4.04 m<sup>3</sup>/año), se estima que la vida útil de la represa será de 84 años.
6. Las variaciones de las correlaciones Nivel – Volúmenes almacenados – áreas inundadas correspondientes al año 2007 en relación a la del año 2018 indican que para un tiempo de operación de la represa de una década, se han operado variaciones hidro-sedimentarias en la cuenca y en el río Wará que han disminuido las expectativas originales de vida útil de 100 años a 84 años.

### **Recomendaciones**

1. Se recomienda a los entes gubernamentales que administran la operación del dique designar un equipo de trabajo que garantice la operación eficiente de los sistemas de alivio y de captación del agua almacenada para evitar desbordamientos y racionalizar el uso del agua almacenada.

## REFERENCIAS

Aguirre-Pe, J. (1980). **HIDRÁULICA DE SEDIMENTOS**. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. (p 269).

Aparicio, Francisco. (2001) **FUNDAMENTOS DE LA HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE**. Editorial LIMUSA, S.A de C.V. Grupo Noriega Editores, Décima reimpresión, Balderas 95, Distrito Federal, México. (pp 19-45).

Arias, Fidias (1999). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: GUÍA PARA SU ELABORACIÓN**. Caracas: Episteme, C.A. (p 66)

Arias, Fidias. (2012) **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA**. Editorial Episteme, Caracas, Venezuela. (p 146).

Barredo, Silvia (1999) **ROCAS SEDIMENTARIAS**, Universidad de buenos aires, Departamento de Ciencias Geológicas – facultad de ciencias exactas y naturales  
Recuperad de: 22 de febrero de 2016,  
[<http://introgeo.gl.fcen.uba.ar/Introduccion/Tprocasyestrucsedim/TProcyestrucsediment.PDF>]

Bonnefille, R. (1963). **ESSAIS DE SYNTHÈSE DES LOIS DE DÉBUT D'ENTRAÎNEMENT DES SEDIMENTS SOUS L'ACTION D'UN COURANT EN RÉGIME UNIFORME BULL.** Du CREC, No 5, Chatou. (p 15).

Clauso, Adelina. (1993) **ANÁLISIS DOCUMENTAL: EL ANÁLISIS FORMAL**, Revista general de información y documentación. Vol. 3, Editorial Complutense, Madrid. 03 de mayo de 2016, [<https://revistas.ucm.es/index.php/RGID/article/viewFile/RGID9393120011A/11739>]

C.V.G Técnica Minera (1986). **INFORME DE AVANCE NC-20-14 Y NB-20-2 CLIMA, GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA, SUELOS, VEGETACIÓN. GERENCIA DE PROYECTOS ESPECIALES PROYECTO INVENTARIO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA REGIÓN GUAYANA**. Tomo I Y II. Ciudad Bolívar; (pp 9-489 Y 515-756).

Corporación Venezolana de Guayana (C.V.G.) Técnica Minera C.A., (1989). **INFORME DE AVANCE NC 20 – 14 Y NC20 – 15, CLIMA, GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA, SUELOS Y VEGETACION TOMO I, II, III**. Ciudad Bolívar, Venezuela. (pp. 185-203, 441-444, 453 – 461).

Chow., V. T. Maidmen, David., y Mays, Larry. (1994) **HIDROLOGÍA APLICADA**. Editorial McGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A. Santa Fé de Bogotá, Colombia. (pp 180-190).

González de Juana, Carlos., Iturralde, Juan y Picard, Xavier (1.980), **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y DE SUS CUENCAS PETROLÍFERAS**, tomo I y II, ed. facsimilar 1.993, Caracas: Ed. Foninves. (pp 99-111).

Iriondo, Martín. (2006) **INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA**, Tercera edición, editorial Brujas, Argentina. (pp 15-129).

Lahee, Frederic. (1970) **GEOLOGÍA PRÁCTICA**, Tercera edición, Ediciones Omega. Barcelona, España. pp 143, 324-326.

Leliavsky, Serge. (1964) **INTRODUCCIÓN A LA HIDRÁULICA FLUVIAL**. Editorial Ediciones Omega, S.A. Casanova, Barcelona. (pp 2-5).

Landeau, Rebeca. (2007) **ELABORACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN**. Editorial Alfa, Caracas, Venezuela. (pp 53-55).

Moreno, Guadalupe. (2000) **INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA II**. Editorial Progreso, S.A. de C.V. D.F., México, (pp 60-64).

Ordoñez, Juan. (2011). **CARTILLA TÉCNICA: ¿QUÉ ES CUENCA HIDROLÓGICA?**. Foro peruano para el agua, Sociedad Geográfica de Lima. Lima, Perú, octubre de 2011, [[http://www.gwp.org/Global/GWP-SAM\\_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca\\_hidrologica.pdf](http://www.gwp.org/Global/GWP-SAM_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca_hidrologica.pdf)]

Ortiz, Frida (2004). **DICCIONARIO DE METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**. Editorial Limusa, S.A. México. (pp 93-127).

Palacios, Álvaro. (2011) **ACUEDUCTO, CLOACAS Y DRENAJES**. Universidad Católica Andrés Bello, Facultad De Ingeniería, Escuela De Ingeniería Civil, Segunda edición Caracas, Venezuela. (pp 184-190).

Sabino, Carlos (2007). **COMO HACER UNA TESIS Y ELABORAR TODO TIPO DE ESCRITOS**. Caracas. (pp 14-21)

Schumm, Arthur (1960). **THE SHAPE OF ALLUVIAL CHANNELS IN RELATION TO SEDIMENT TYPE, UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY PROFESSIONAL PAPER**. (pp 352B: 17-30).

Suarez D., Jaime. (2001). **CONTROL DE EROSIÓN EN ZONAS TROPICALES**. Bucaramanga. (pp 227 -258).

Tarbutk, Edward y Lutgens, Frederick. (2005). **CIENCIAS DE LA TIERRA. UNA INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA FÍSICA**. Edición Pearson-Prentice Hall, 8ª ed. Madrid. (p 64).

Yalin, M. S. (1972) **MECHANICS OF SEDIMENT TRANSPORT**. Pergamon Press. Denver. (pp 55-57).

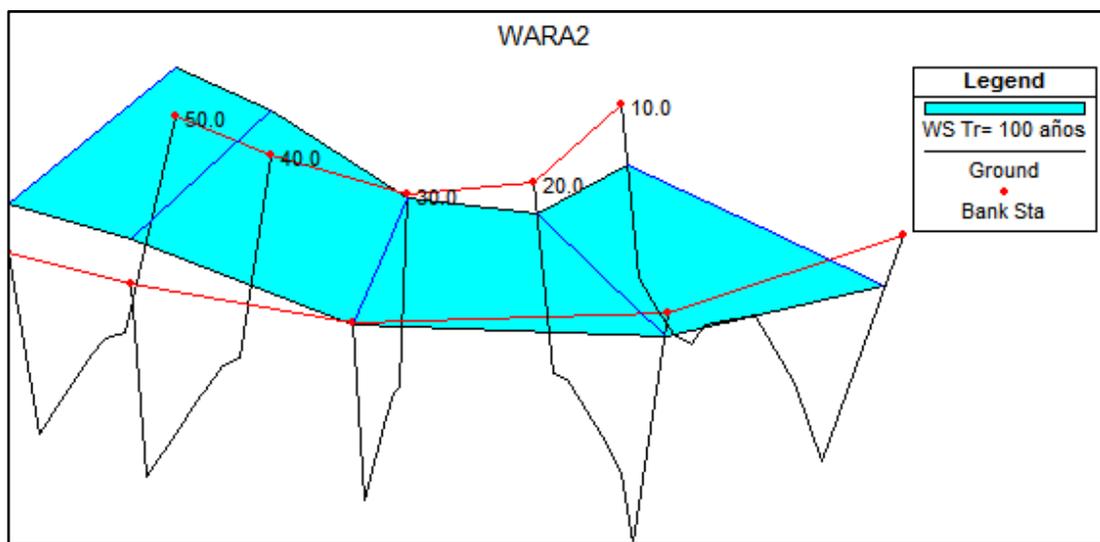
## **APÉNDICES**

**APÉNDICE A**  
**DATOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL DIQUE Y**  
**EMBALSE WARÁ II**

A.1 Cálculo de puntos de interés en el dique y embalse Wará II

Est.	Pto	Alt ins	Ang Horizontal				Azimut				Angulo Cenital				Angulo Vertical		h sup	med	h inf	DI	DH	DV	Cota	PROYECCIONES		COORDENADAS	
			°	'	"	radianes	°	'	"	radianes	°	'	"	radianes	°	radianes								Norte	Este	Norte	Este
C		1.49																				905.00			511164.00	706790.00	
	D		0	0	0	0.0000	290	0	0	5.0615	92	16	54	1.6106	-2.281667	-0.0398	1.050	1.000	0.965	8.500	8.487	-0.338	905.15	2.903	-7.975	511166.90	706782.03
	c1		271	59	46	4.7472	201	59	46	3.5255	93	15	50	1.6278	-3.263889	-0.0570	1.070	1.000	0.940	13.000	12.958	-0.739	904.75	-12.015	-4.853	511151.99	706785.15
	c2		274	8	17	4.7846	204	8	17	3.5629	91	54	26	1.6041	-1.907222	-0.0333	1.120	1.000	0.880	24.000	23.973	-0.798	904.69	-21.877	-9.804	511142.12	706780.20
	c3		285	33	47	4.9840	215	33	47	3.7623	91	27	5	1.5961	-1.451389	-0.0253	1.155	1.000	0.835	32.000	31.979	-0.810	904.68	-26.014	-18.599	511137.99	706771.40
	c4		285	53	2	4.9896	215	53	2	3.7679	91	27	5	1.5961	-1.451389	-0.0253	1.155	1.000	0.884	27.150	27.133	-0.687	904.80	-21.983	-15.904	511142.02	706774.10
	c5		294	5	0	5.1327	224	5	0	3.9110	91	5	55	1.5900	-1.098611	-0.0192	1.300	1.125	0.950	35.000	34.987	-0.671	904.69	-25.132	-24.341	511138.87	706765.66
	c6		276	53	29	4.8327	206	53	29	3.6109	91	51	59	1.6034	-1.866389	-0.0326	1.095	1.000	0.905	19.000	18.980	-0.618	904.87	-16.927	-8.585	511147.07	706781.42
	c7		304	56	18	5.3222	234	56	18	4.1005	94	0	36	1.6408	-4.010000	-0.0700	1.045	1.000	0.955	9.000	8.956	-0.628	904.86	-5.145	-7.331	511158.86	706782.67
	c8		220	21	0	3.8458	150	20	0	2.6238	104	39	33	1.8267	-14.659167	-0.2559	2.020	2.000	1.980	4.000	3.744	-0.979	903.51	-3.253	1.853	511160.75	706791.85
	c9		220	21	0	3.8458	150	20	0	2.6238	104	39	33	1.8267	-14.659167	-0.2559	2.020	2.000	1.980	4.000	3.744	-0.979	903.51	-3.253	1.853	511160.75	706791.85
	c10		304	7	18	5.3079	234	7	18	4.0862	107	18	57	1.8730	-17.315833	-0.3022	1.025	1.000	0.980	4.500	4.101	-1.279	904.21	-2.404	-3.323	511161.60	706786.68
	c11		256	31	15	4.4771	186	31	15	3.2554	94	1	14	1.6410	-4.020556	-0.0702	2.070	2.000	1.903	16.700	16.618	-1.168	903.32	-16.510	-1.887	511147.49	706788.11
	c12		271	44	40	4.7428	201	44	40	3.5211	93	9	15	1.6259	-3.154167	-0.0551	1.145	1.000	0.855	29.000	28.912	-1.593	903.90	-26.855	-10.711	511137.15	706779.29
	c13		265	29	31	4.6337	195	29	31	3.4120	91	30	34	1.5971	-1.509444	-0.0263	2.105	2.000	1.850	25.500	25.482	-0.671	903.82	-24.556	-6.807	511139.44	706783.19
	c14		279	36	22	4.8801	209	36	22	3.6583	91	37	46	1.5992	-1.629444	-0.0284	2.170	2.000	1.825	34.500	34.472	-0.981	903.51	-29.971	-17.031	511134.03	706772.97
	c15		343	22	57	5.9932	273	22	57	4.7714	103	20	27	1.8036	-13.340833	-0.2328	2.025	2.000	1.975	5.000	4.734	-1.123	903.37	0.279	-4.726	511164.28	706785.27
	c16		345	57	50	6.0382	275	57	50	4.8165	101	17	13	1.7678	-11.286944	-0.1970	1.020	1.000	0.980	4.000	3.847	-0.768	904.72	0.400	-3.826	511164.40	706786.17
	c17		26	45	15	0.4669	316	45	15	5.5284	116	49	59	2.0391	-26.833056	-0.4683	1.045	1.000	0.955	9.000	7.166	-3.625	901.86	5.220	-4.910	511169.22	706785.09
	c18		37	15	4	0.6502	327	15	4	5.7116	119	34	16	2.0869	-29.571111	-0.5161	1.050	1.000	0.955	9.500	7.186	-4.078	901.41	6.044	-3.887	511170.04	706786.11
	c19		55	52	14	0.9751	345	52	14	6.0366	130	54	50	2.2849	-40.913889	-0.7141	1.035	1.000	0.965	7.000	3.998	-3.464	902.03	3.877	-0.976	511167.88	706789.02
	c20		75	28	21	1.3172	5	28	21	0.0955	126	30	27	2.2080	-36.507500	-0.6372	1.050	1.000	0.950	10.000	6.461	-4.782	900.71	6.431	0.616	511170.43	706790.62
	c21		124	53	51	2.1799	54	53	51	0.9581	131	50	36	2.3011	-41.843333	-0.7303	1.035	1.000	0.965	7.000	3.885	-3.479	902.01	2.234	3.178	511166.23	706793.18
	c22		121	29	40	2.1205	51	29	40	0.8987	133	8	14	2.3237	-43.137222	-0.7529	1.045	1.000	0.955	9.000	4.792	-4.490	901.00	2.984	3.750	511166.98	706793.75
	c23		70	49	8	1.2360	0	49	8	0.0143	112	15	27	1.9593	-22.257500	-0.3885	1.075	1.000	0.930	14.500	12.420	-5.083	900.41	12.418	0.178	511176.42	706790.18
	c24		94	51	16	1.6555	24	51	16	0.4338	108	52	23	1.9002	-18.873056	-0.3294	1.065	1.000	0.945	12.000	10.744	-3.673	901.82	9.749	4.516	511173.75	706794.52

**APÉNDICE B**  
**MODELO 3D DEL EMBALSE WARÁ II**



B.1 Modelo 3D del embalse Wará II.

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/5

<b>Título</b>	<b>EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO Y VIDA ÚTIL DE LA REPRESA WARÁ II, MUNICIPIO GRAN SABANA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA.</b>
<b>Subtítulo</b>	

**Autor(es)**

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Código CVLAC / e-mail</b>	
<b>Salazar Rincones Wilder Miguel</b>	<b>CVLAC</b>	<b>V-23.552.263</b>
	<b>e-mail</b>	<b><i>wilderms293@gmail.com</i></b>
	<b>e-mail</b>	<b><i>wilderms_293@hotmail.com</i></b>

**Palabras o frases claves:**

<b>Embalses</b>
<b>Sedimentación</b>
<b>Vida útil</b>
<b>Volumen acumulado</b>

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/5

**Líneas y sublíneas de investigación:**

Área	Subárea
Departamento de Ingeniería Civil	Ingeniería Civil

**Resumen (abstract):**

La presente investigación se desarrolló en la cuenca media del río Wará, específicamente en la represa Wará II, en el municipio Gran Sabana, estado Bolívar. El objetivo del estudio es presentar la caracterización de la capacidad de almacenamiento y la vida útil de la represa antes mencionada. Para el desarrollo de este objetivo se aplicó una metodología de investigación de tipo descriptiva con un diseño de campo y documental. Para el logro de la investigación se realiza un reconocimiento del área de estudio; luego, se efectuó el levantamiento topográfico del embalse y se construyó a partir de él, un plano topográfico y las secciones transversales, lo cual permitirá describir geomorfológicamente dicha zona. Se realizó la cuantificación de los volúmenes de sedimentos o azolves contenidos en el embalse con base a la construcción del plano topográfico y su comparación con el plano topográfico correspondiente a las condiciones previas a la construcción del embalse (2007). Se determinó como es la distribución de los sedimentos que se han depositado durante la vida operativa de la represa, es decir durante la última década. Se tomaron seis (6) muestras de los suelos del lecho del embalse escogidas de acuerdo a un criterio de naturaleza opinática y se procedió a la clasificación de las muestras de acuerdo al Sistema de Clasificación Unificada de Suelos. Se describió la distribución de los sedimentos presentes en el embalse. Entre los resultados relevantes se concluyó que el vaso de almacenamiento tiene una capacidad actual total de 339.21 m<sup>3</sup> de agua; sin embargo, su capacidad original de diseño era de 1499 m<sup>3</sup>. Se estima que la vida útil de la represa es de alrededor de 84 años considerando una sedimentación promedio anual de 4.04 m<sup>3</sup>/año.

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/5

**Contribuidores:**

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Dafnis Echeverría	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	V-4506408
	e-mail	Dafnisecheverria2807@gmail.com
	e-mail	
Josefina Jimenéz	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	V-8.887.862
	e-mail	Jjimenez33@hotmail.com
	e-mail	
Beatriz Echeverría	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	V-21.013.748
	e-mail	becheverriaydo@gmail.com

**Fecha de discusión y aprobación:**

Año Mes Día

2019	07	18
------	----	----

Lenguaje: spa

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/5

**Archivo(s):**

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis-Evaluación de la capacidad de almacenamiento.doc	Application/msword

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 \_ - .**

**Alcance:**

Espacial: \_\_\_\_\_ (Opcional)

Temporal: \_\_\_\_\_ (Opcional)

**Título o Grado asociado con el Ingeniero Civil**  
trabajo: \_\_\_\_\_ de grado.

**Nivel Asociado con el Pre-Grado**  
Trabajo: \_\_\_\_\_

**Área de Estudio:** Departamento de Ingeniería Civil  
\_\_\_\_\_

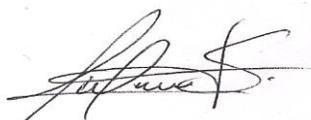
**Institución(es) que garantiza(n) el Título o Universidad de**  
grado: \_\_\_\_\_ **Oriente**

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/5

**Derechos:**

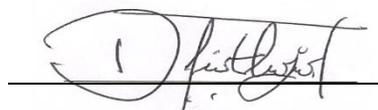
**De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de grado  
“Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la  
Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros  
fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo,  
quien lo participara al Consejo Universitario”**

Condiciones bajo las cuales los autores aceptan que el trabajo sea distribuido. La idea es dar la máxima distribución posible a las ideas contenidas en el trabajo, salvaguardando al mismo tiempo los derechos de propiedad intelectual de los realizadores del trabajo, y los beneficios para los autores y/o la Universidad de Oriente que pudieran derivarse de patentes comerciales o industriales.



Salazar R., Wilder M.

AUTOR



Dafnis, Echeverría

TUTOR

