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

ESTIMACIÓN DE LAS FILTRACIONES QUE SE PRODUCEN A TRAVÉS DE LAS FUNDACIONES DEL DIQUE DE CONCRETO DE LA REPRESA WARÁ II EN EL RÍO WARÁ, MUNICIPIO GRAN SABANA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA.

TRABAJO FINAL DE GRADO PRESENTADO POR LOS BACHILLERES CORRO V., MARGLORI B. Y MARTÍNEZ F., JOVANNY E. PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL.

CIUDAD BOLÍVAR, FEBRERO DE 2020

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

ACTA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, titulado: **"ESTIMACIÓN DE LAS FILTRACIONES QUE SE PRODUCEN A TRAVÉS DE LAS FUNDACIONES DEL DIQUE DE CONCRETO DE LA REPRESA WARÁ II EN EL RÍO WARÁ, MUNICIPIO GRAN SABANA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA."**, presentado por los bachilleres **CORRO V., MARGLORI B..** de cédula de identidad No **20.774.336** y **MARTÍNEZ F., JOVANNY E.**; de cédula de identidad No **25.394.076,** 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)	_____
____ _____ (Jurado)	_____
_____ (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 días del mes de Noviembre de 2019

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso

A mis Padres

A mis hermanas y demás familiares

A mis amigos

Marglori B. Corro V.

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso

A mis Padres

A mis hermanas y demás familiares

A mis amigos

Jovanny E. Martínez F.

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso

A nuestros Padres, hermanos y a todos nuestros familiares.

A nuestros amigos.

A nuestro tutor Prof. Dafnis Echeverría.

A la Universidad de Oriente y a todos los profesores que nos guiaron y apoyaron.

A la alcaldía del Municipio Gran Sabana

Marglori B. Corro V

Jovanny E. Martínez F.

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 realizar una estimación de la magnitud de las filtraciones que se producen a través de las fundaciones del dique de concreto de la mencionada presa. 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 recopiló la información topográfica y estructural del embalse y del dique Wará II. Se realizó la. Caracterización de los suelos existentes en las fundaciones con base a la información preexistente sobre una perforación realizada en el año 2007 en el sitio de construcción del dique. Se efectuó una estimación de la capacidad del embalse con la finalidad de conocer la carga hidráulica a la cual se encuentra sometida la presa y sus fundaciones. Entre los resultados relevantes se concluyó que el embalse tiene una capacidad actual de 339.21 m^3 de agua. La altura del agua o carga hidráulica al pie de la presa es de 3.50 m (hasta la cota (904.5 msnm). Las fundaciones del dique están constituidas por suelos de arenisca limosa con rocas fragmentadas que presentan una permeabilidad aparente aproximada de $5.02x10^{-6}$ m/s (estimación del laboratorio GeoLab de Boa Vista, Brasil). Por otro lado, la estimación de las filtraciones a través de las fundaciones se estimó con el módulo SEEP/W del programa GEOSTUDIO, y alcanzó una magnitud de 0.432864 m^3/día.

CONTENIDO

Página
ACTA DE APROBACIÓN II
DEDICATORIA III
AGRADECIMIENTOS V
RESUMEN VI
CONTENIDO VII
LISTA DE FIGURAS X
LISTA DE TABLAS XII
LISTA DE APÉNDICES XIII
INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I. SITUACIÓN A INVESTIGAR 3
1.1 Planteamiento del problema 3
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 6
1.3 Alcance de la investigación 7

CAPÍTULO II. GENERALIDADES 8
2.1 Ubicación del área de estudio 8
2.2 Clima 9
2.3 Hidrografía 11
2.4 Geología 13
2.5 Geomorfología 13
2.6 Suelos 16
2.7 Erosión 17
2.8 Vegetación del área de estudio 19
2.9 Fauna del área de estudio 22

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO 24
3.2.1 Tipos de represa 26
3.2.2 Flujos de Filtración en Suelos y Rocas 31
3.2.4 Modelo Matemático basado en el Método de Elementos Finitos para la obtención de la red de flujo 37
3.2.5 Factores que favorecen la filtración 38
3.3 Bases Legales 41
3.3.1 Ley de aguas 41

3.4 Definición de términos básicos 42
3.4.1 Afluentes 42
3.4.2 Aliviadero 42
3.4.3 Área del embalse 43
3.4.4 Ataguía 43
3.4.5 Auscultación 43
3.4.6 Avenida 43
3.4.7 Avenida de proyecto 43
3.4.8 Caudal 44
3.4.9 Coronación 44
3.4 10 Corte 44
3.4 11 Cuenca hidrográfica 44
3.4.12 Cuenca vertiente 44
3.4.13 Derivar 45
3.4.14 Desagüe de fondo 45
3.4.15 Distancia de resguardo 45
3.4.16 Erosión 45
3.4 17 Espesor de tongada del hormigón 45
3.4 18 Estabilidad 46
3.4 19 Evaporación 46
3.4.20 Longitud de la coronación de la presa. 46
3.4.21 Márgenes del embalse 46
3.4.22 Nivel aguas abajo 46
3.4.23 Nivel mínimo de explotación 46
3.4.24 Órgano de desagüe 47
3.4.25 Pie de la presa 47
3.4.26 Talud 47
3.4.27 Toma de agua 47
3.4 28 Umbral de los aliviaderos 47
3.4.29 Volumen activo 48
3.4.30 Volumen de control de avenidas 48
3.4.31 Volumen de la presa 48
3.4.32 Volumen de nivelación 48
3.4 33 Volumen del embalse 48
3.4-34 Volumen inactivo 49
3.4.35 Volumen muerto 49
3.4.36Volumen útil 49
3.4.37 Zona inundable 49

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE TRABAJO 50
4.1 Tipo de investigación 50
4.2 Diseño de investigación 50

4.2.1 Investigación de campo 50
4.2.2 Investigación documental 51
4.3 Población y muestra de la investigación 51
4.3.1 Población de la investigación 51
4.3.2 Muestra de la investigación 52
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos 52
4.4.1 Técnicas de recolección de datos 52
4.4.2 Instrumentos de recolección de datos 53
4.5 Flujograma de la metodología de trabajo. 53
4.6 Procedimiento para el logro de los objetivos 54
4.6.1 Recopilación de la información y reconocimiento de campo 54
4.6.2 Geometría y dimensiones del embalse 55
4.6.3 Características geotécnicas de los materiales de fundación 55
4.6.4 Estimación de la capacidad útil del embalse 55
465 Estimación de filtraciones a través de las fundaciones 56

CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS 57

5.1 Geometría y dimensiones del embalse y del dique Warà II 57
5.1.1 Secciones transversales del embalse 60
5.1.2 Geometría y dimensiones del dique 63
5.2 Características geotécnicas de los materiales de las fundaciones 65
5.3 Capacidad volumétrica actual del embalse 68
5.4 Magnitud de las filtraciones a través de las fundaciones 70

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 73
Conclusiones 73
Recomendaciones 74

REFERENCIAS 75
APÉNDICES 79

LISTA DE FIGURAS

		Página
1.1	Usos de los embalses en Venezuela……	4
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……..	12
2.4	Hidrografía de la subcuenca del río Uairén (CVG EDELCA, 1983)…….	12
2.5	Pendientes de Wará (Figueroa, M. 2007)…….…	15
2.6	Cobertura vegetal de la cuenca del río Caroní (CVG-EDELCA, 2004)….	21
3.1	Presa de tipo gravedad. (Wikipedia. 2018)……..…….	27
3.2	Presa en Arco. (Wikipedia, 2018)……..……	28
3.3	Presa de materiales sueltos. (Wikipedia,2018)…….	30
3.4	Diagrama de líneas de corriente y líneas equipotenciales (Torres 2010)..	33
3.5	Red de flujos (Torres 2010)……...…….	34
4.1	Flujograma de la investigación (Corro y Martínez, 2019)…….	54
5.1	Trabajo topográfico en el dique Wará II……...	59
5.2	Labores de batimetría en el embalse Wará II…….	59
5.3	Plano del embalse Wará II (Corro y Martínez, 2019)…….	60
5.4	Sección transversal 10…….……...	61
5.5	Sección transversal 20…….……...	61
5.6	Sección transversal 30…….……...	61
5.7	Sección transversal 40…….……...	62
5.8	Sección transversal 50…….…….	62
5.9	Vista frontal vertical del dique de concreto Wará II (Corro y Martínez, 2019)……...……	63
5.10	Vista en planta del dique de concreto Wará II (Corro y Martínez, 2019).	64
5.11	Vista lateral del dique de concreto Wará II (Corro y Martínez, 2019)…..	64
5.12	Dique Wará II (Corro y Martínez, 2019)……	65
5.13	Columna estratigráfica de la perforación (GeoLab, 2007)…….	66
5.14	Cantos rodados y rocas Diabasas redondeadas, aguas abajo del dique (Corro y Martínez, 2019)……	67
5.15	Vista del tope de la cimentación bajo el plinto del dique (Corro y Martínez, 2019)……..	67
5.16	Curva de áreas y capacidades del dique Wará II (Corro y Martínez, 2019)……...	69
5.17	Acumulación de sedimentos en la ribera izquierda del embalse (Corro y Martínez, 2019)……..	69
5.18	Modelo geométrico del dique sobre el estrato de arenisca limosa (Corro y Martínez, 2019)…….……..	71

5.19 Modelización de la situación actual de filtraciones a través de las fundaciones (Corro y Martínez, 2019)…… 72

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)…….	11
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)…….	18
5.1	Coordenadas UTM y cotas de los puntos de interés en el dique y embalse Wará II…….	58

LISTA DE APÉNDICES

Páginas

A.DATOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL DIQUE Y EMBALSE WARÁ II…….. 81

A.1 Cálculo de puntos de interés en el dique y embalse Warará II…….. 82

INTRODUCCIÓN

Los embalses son por definición estructuras hidráulicas concebidas para el almacenamiento de agua y surgen ante la necesidad de las poblaciones o grupos humanos de contar con suficiente agua para suplir sus necesidades básicas de abastecimiento para consumo, para riego, para cría de animales, entre otras.

Sin embargo, estas obras civiles, como todo lo fabricado por el hombre, adolece de imperfecciones que ameritan continuas evaluaciones, revisiones y acciones de mantenimiento correctivo o reparaciones. Uno de los inconvenientes que afectan a los embalses con más frecuencia de lo deseado, es la pérdida de agua debido a las filtraciones que se producen a través de las fundaciones o a través del propio cuerpo del dique o de la presa. Estas pérdidas de agua a través de fundaciones o de los cuerpos térreos puede ser estimada, incluso antes de la construcción de la presa.

El caso que ocupa esta investigación trata específicamente de la represa Wará II, la cual fue construida hace aproximadamente una década (años 2007-2008) en el río Wará, municipio Gran Sabana del estado Bolívar con la finalidad de abastecer de agua a los habitantes de la población de Santa Elena de Uairén. Sin embargo, debido al déficit de agua que enfrenta esta ciudad, es necesario evaluar las condiciones actuales de la represa. Entre esas evaluaciones se encuentra la determinación de la magnitud de las filtraciones a través de las fundaciones del dique.

Para ello se aplicará una metodología de tipo descriptiva que permita caracterizar el cuerpo de agua y los materiales presentes en las fundaciones. Por otro lado, este tipo de investigación ameritará un diseño de campo y documental para alcanzar el objetivo general planteado en la investigación.

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

Los lagos y embalses contienen aproximadamente dos tercios del agua dulce superficial y atmosférica de la Tierra. La administración del agua en estos cuerpos de agua puede ayudar a las comunidades a mitigar la variabilidad estacional y anual en la precipitación pluvial anual y en el agua de escorrentía.

Los embalses constituyen una fuente de suministro de agua relativamente fiable que se puede manejar con algún grado de confiabilidad. Cuando existe una repunta en la demanda de agua, quizá durante la temporada agrícola alta durante la primavera, los embalses pueden satisfacer el exceso de demanda con recursos que se han recolectado durante todo el año.

Los embalses o reservorios con represas artificiales pueden además generar energía hidroeléctrica, a menudo a una escala que las vuelve atractivas para muchos encargados de elaborar políticas. A finales del siglo XX, había más de 45.000 presas en todo el mundo con una altura de 15 metros o más. Globalmente, se construyen aproximadamente 160 a 320 nuevas presas de gran tamaño por año.

Las estructuras de embalse con presas están sujetas a diversos problemas tales como la sedimentación, lo cual, en el transcurso del tiempo reduce su capacidad de almacenamiento de agua. También se transforma en un inconveniente las transformaciones progresivas que pudiesen producirse en los diques o estribos de tierra que sirven para consolidar el cierre topográfico para la construcción del vaso de almacenamiento. Estas transformaciones se producen generalmente por el paso de las

filtraciones a través de los cuerpos térreos que tienden a producir movimiento de los materiales finos que se pueden consolidar como tubificaciones que tenderán a incrementarse en dimensiones con el tiempo con la consecuencia de la pérdida del agua almacenada en el embalse.

En Venezuela existen alrededor de 108 embalses, reservorio o lago artificial, donde se almacenan los excesos de agua durante los períodos de mayor escorrentía, para proporcionarlos en los períodos secos o simplemente para impedir daños aguas abajo. Se construyen interponiendo una estructura (presa, dique o represa), impermeable y estable, al flujo de agua en una sección adecuada del cauce.

Los embalses que se han construido, en la mayoría de los casos están destinados para usos múltiples destacándose: para consumo humano, gasto ecológico, riego, control de inundaciones, hidroelectricidad, recreacional, industria. Existe un alto compromiso para satisfacer la demanda de las poblaciones, por lo que se requiere de la participación de todos los venezolanos para el mantenimiento, conservación y funcionamiento de los embalses.

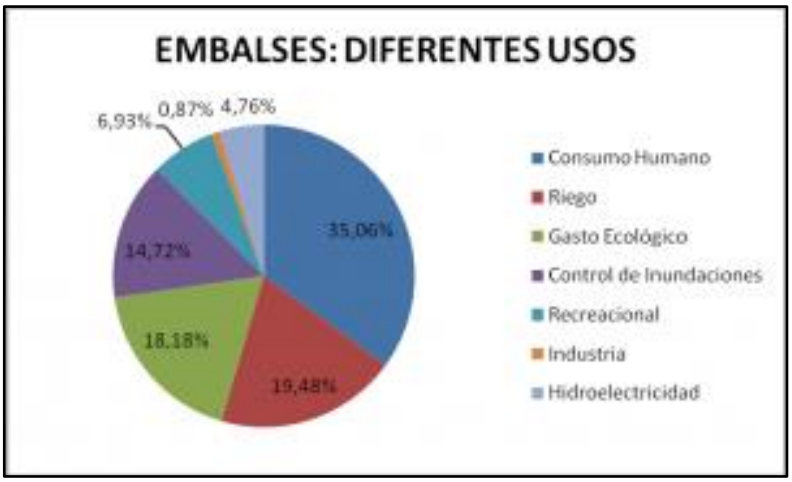

Figura 1.1 Usos de los embalses en Venezuela

La capacidad de un embalse se mide por el volumen de agua contenido en el vaso de almacenamiento, para una determinada altura de la presa. A manera de visualizar el volumen de agua a Nivel Normal (nivel del agua cuando el embalse está lleno).

En el municipio Gran Sabana, en el río Wará, fue construida hace una década 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 obstaculizan su normal desempeño tal como la socavación de sus fundaciones con la consecuencia de filtraciones a por debajo del dique de concreto. Esta condición hace necesario llevar a cabo una investigación para estimar la magnitud de las filtraciones que se pudiesen producir a través de las fundaciones del dique de concreto.

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

¿Cuáles son las características geométricas y dimensionales del dique de concreto de la represa Wará II?

¿Cuáles son las características de las fundaciones del dique de concreto de la represa Wará II?

¿Cuál es la capacidad del embalse y sus relaciones con el área inundada y el nivel de las aguas dentro del vaso de almacenamiento de la represa Wará II?

¿Cuál es la magnitud de las filtraciones que se podrían producir a través de las fundaciones del dique de concreto de la represa Wará II?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Estimar las filtraciones que se producen a través de las fundaciones del dique de concreto de la represa Wará II 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 dique de concreto de la represa Wará II.

2. Describir las características de las fundaciones del dique de concreto de la represa Wará II.

3. Determinar la capacidad del embalse y sus relaciones con el área inundada y el nivel de las aguas dentro del vaso de almacenamiento de la represa Wará II.

4. Estimar la magnitud de las filtraciones que se podrían producir a través de las fundaciones del dique de concreto de la represa Wará II

1.2 Justificación de la investigación

La represa Wará II constituye una importante fuente de agua para el abastecimiento de este preciado líquido a los habitantes de la población de Santa Elena de Uairén. En virtud de ello, es de vital importancia contar con esta represa en estado operativo.

Sin embargo, debido a procesos indeseables de filtraciones, se produce pérdida de agua del vaso de almacenamiento. Esta pérdida presumiblemente ocurre a través de las fundaciones del dique de concreto

Tales circunstancias impulsan o motivan la ejecución de la presente investigación con la finalidad de estimar la magnitud de las filtraciones en cuestión.

1.3 Alcance de la investigación

El desarrollo de la presente investigación ameritará en primer lugar la descripción de la geometría y dimensiones de cada elemento integrante de la represa Wará II.

En segundo lugar, se describirá el comportamiento operativo de cada uno de los elementos que forman parte de la represa. También se describirá las características de capacidad del vaso de almacenamiento. También entrará dentro del alcance de la presente investigación la caracterización textural de los sedimentos que forman parte de los sedimentos de las fundaciones del dique.

Finalmente, mediante el módulo SEEP/W del programa GEOSTUDIO se evaluará la magnitud de las filtraciones que se pudiesen producir a través de las fundaciones del dique Wará II.

.

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). Geográficamente, Wará II se encuentra geográficamente ubicado de acuerdo a las coordenadas UTM (REGVEN): N 511164 y E 706790.

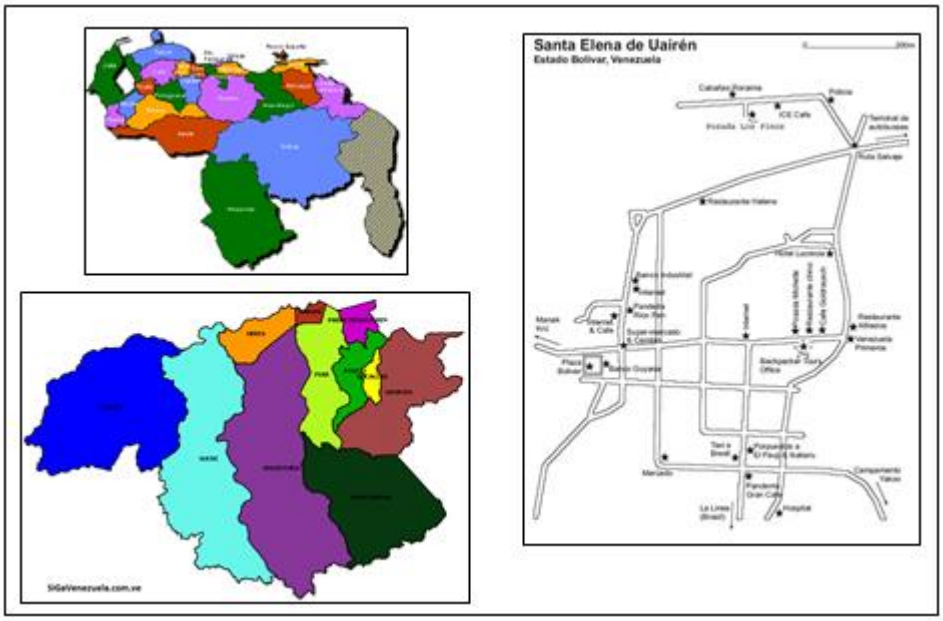

Figura 2.1 Ubicación relativa del área de estudio

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 super 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 Región Hidrográfica del Río Caroní (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	Período seco	Período 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 21.2ºC y presentó una máxima media anual de 27.8 ºC y una mínima de 16.1ºC. (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 km² de superficie, el río Uairén posee 64 km de longitud y discurre entre los niveles de 1.400 y 840 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 km², 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).

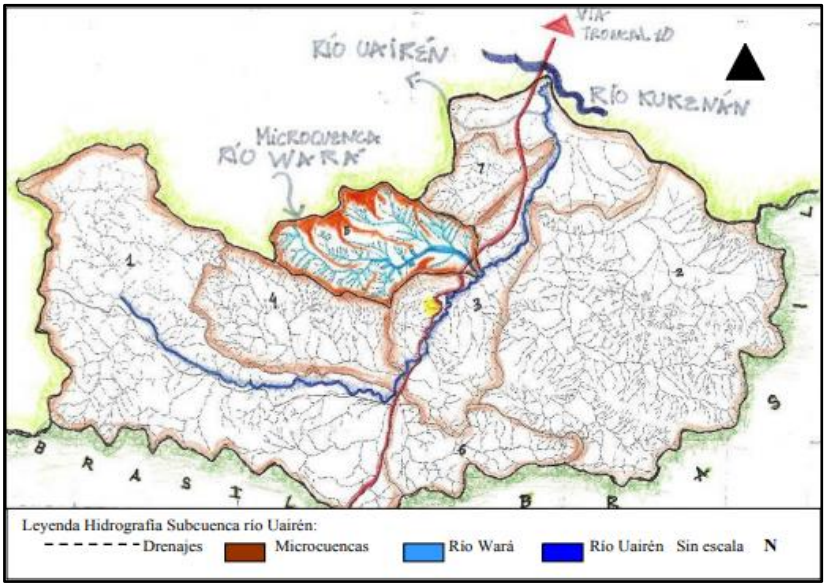

Figura 2.4 Hidrografía de la subcuenca del río Uairén (CVG EDELCA, 1983).

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).

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 instrusivas.	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 glacis 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 2º) del área de estudio se ubican en las planicies aluviales y zonas anegadizas.

b. Las suaves de 8 % (5º) 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 º y 12º) se ubican en las lomas de los cerros.
d. Las más fuertes de 27 % (15º) se presentan en las crestas.

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

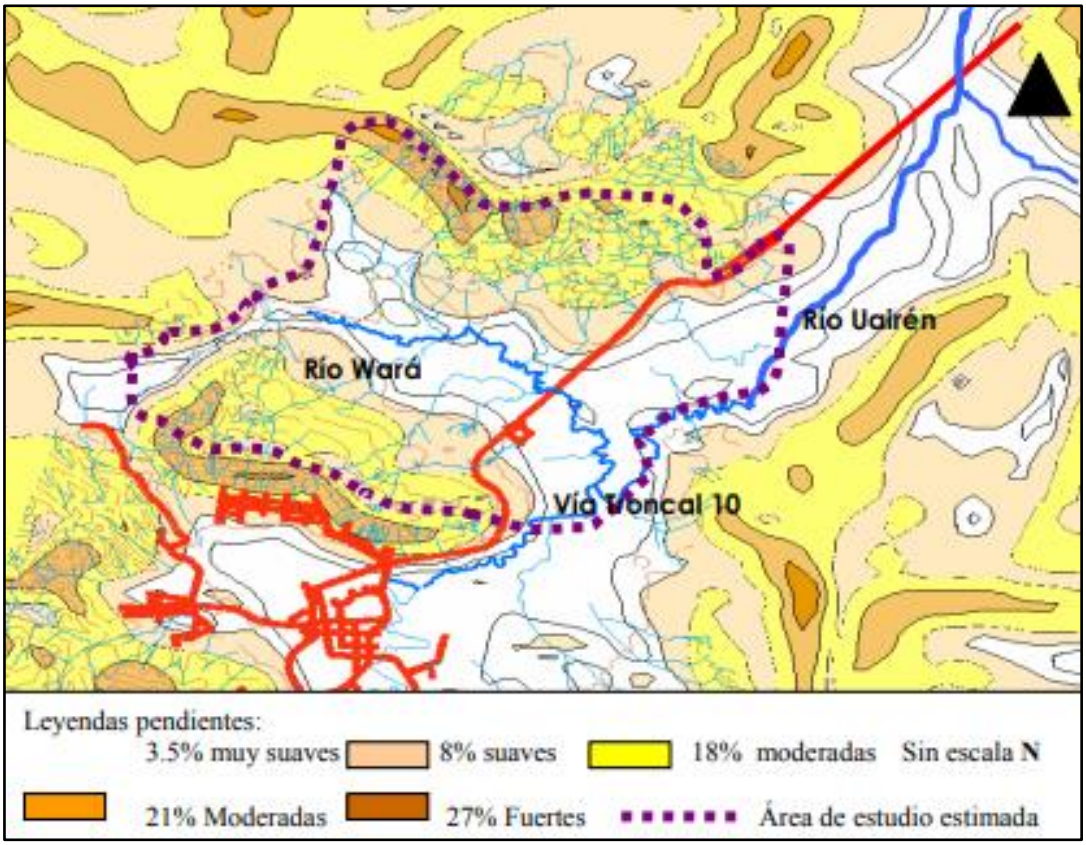

Figura 2.5 Pendientes de Warán (Figueroa, M. 2007).

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 areno 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 alanza 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 están inactivos 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 micro-cuenca 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 en 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/o 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).

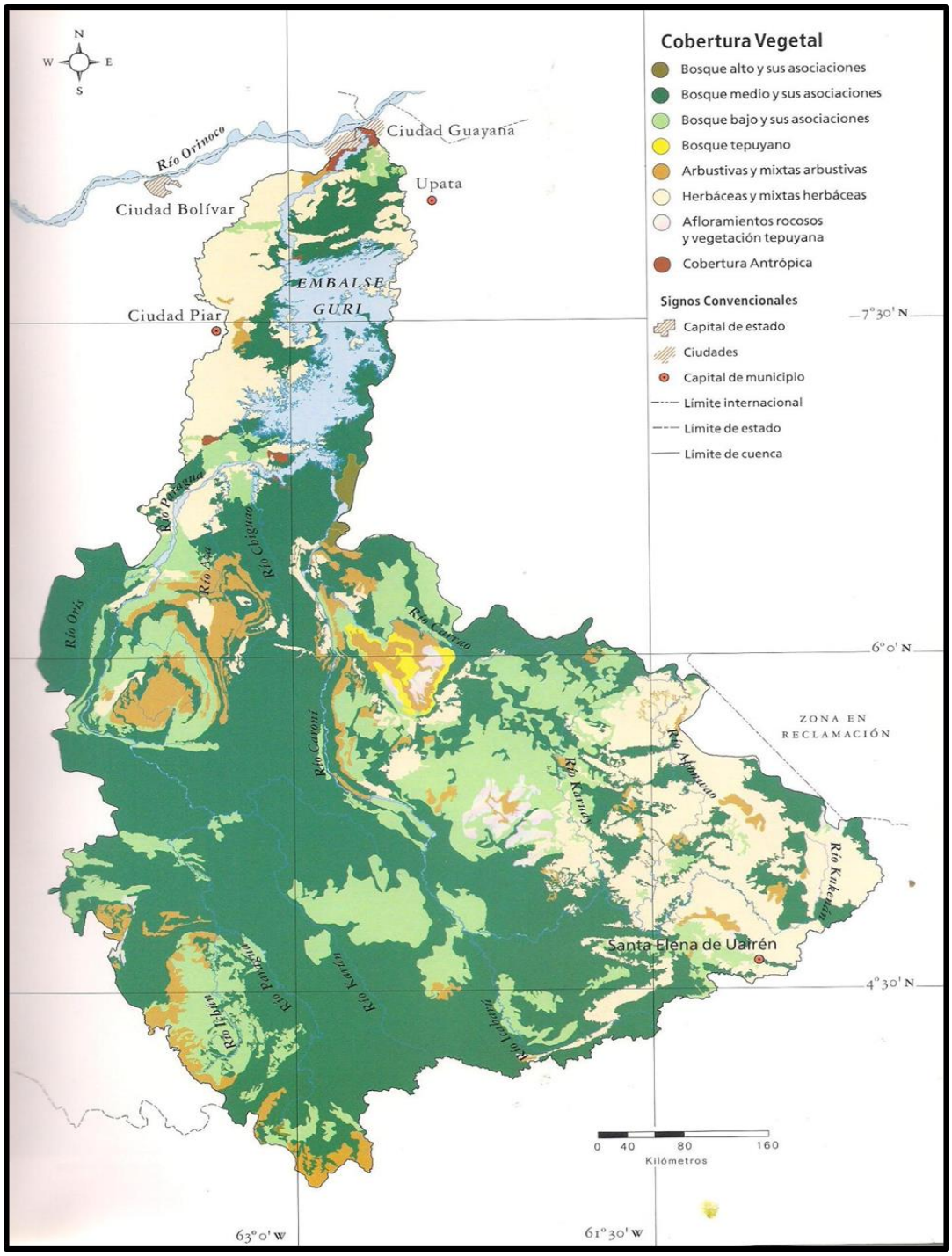

Figura 2.6 Cobertura vegetal de la cuenca del río Caroní (CVG-EDELCA, 2004).

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 cunaguaros, Murcielago Pescador, Vampiro Desmodus, Murciélago Narisón, Mono Araña, Mono Capuchino, Oso Melero, Perezoso de Dos Dedos, Ardilla Común, Conejo de Monte, Tonina Delfín de rio. 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. Aún 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.

A continuación se mencionarán algunos estudios previos sobre la temática tratada en la presente investigación que servirán como aporte metodológico o como soporte de la información tratado en este estudio. En ese sentido, se puede mencionar:

Chaparro, J. (2018), elaboró el trabajo de grado titulado "**PLAN DE REHABILITACIÓN DE PROFUNDIDADES DE LA REPRESA WARÁ II EN EL RÍO WARÁ, MUNICIPIO GRAN SABANA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**" en el cual se planteó como objetivo principal la extracción de los sedimentos acumulados en el vaso de almacenamiento. Para ello se efectuó una caracterización de los materiales que se encontraban en el lecho del embalse. Esta descripción textural de los sedimentos presentes en el lecho del vaso de almacenamiento será un aporte valioso para la realización de la presente investigación.

Linares, B. y Rodríguez, C. (2018) elaboraron un trabajo de grado titulado "**CARACTERIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LOS SEDIMENTOS ALMACENADOS EN EL EMBALSE WARÁ II, MUNICIPIO GRAN SABANA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**. cuyo propósito principal era describir las características de los materiales del lecho presentes en el embalse, asi como también describir como estaban distribuidos los mismos dentro de dicho vaso. Esta información se constituye en un aporte valioso para la investigación que en este documento se desarrolla ya que la naturaleza de los sedimentos del lecho juegan

papel importante en las posibles filtraciones que se podrían producir a través de las fundaciones del dique de concreto.

Salazar, W. (2019) elaboró la investigación titulada "**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO Y VIDA ÚTIL DEL EMBALSE WARÁ II, MUNICIPIO GRAN SABANA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**". El objetivo fundamental de esta investigación consistió en determinar el volumen de agua que es capaz de almacenar el embalse, asi como también determinar cual es la expectativa de vida útil del embalse Wará II en función de la cantidad de sedimentos que son aportados por la cuenca alta del río Wará al vaso de almacenamiento de la mencionada represa. Es indudable que las relaciones entre la capacidad de almacenaje de agua, el área inundada y las cotas de la superficie de agua presentadas mediante una curva de áreas y capacidades en esa investigación serán un valioso aporte para el presente estudio, ya que el volumen de agua almacenada estará directamente vinculada con la carga hidráulica sobre los sedimentos al pie del dique de concreto y también está vinculada a las filtraciones que se podrían producir, razón esta que hace de esa información un parámetro indispensable para la cuantificación de las filtraciones que se podrían producir a través de las fundaciones.

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 Tipos de represa

Los diferentes tipos de presas que existen responden a las diversas posibilidades de cumplir la doble exigencia de resistir el empuje del agua y evacuarla cuando sea preciso.

En cada caso, las características del terreno y los usos que se le quiera dar al agua, condicionan la elección del tipo de presa más adecuado.

Existen numerosos tipos, comenzando con que puede hablarse de presas fijas o móviles, pero primero debemos clasificarlas en dos grandes grupos según su estructura y según los materiales empleados en su construcción.

También hay presas hinchables, basculantes y pivotantes pero son de mucha menor entidad o han caído en desuso, por lo que no se consideran aquí.

3.2.1.1 Según su estructura

- **Presas de gravedad**

Son todas aquellas en las que su propio peso es el encargado de resistir el empuje del agua. El empuje del embalse es transmitido hacia el suelo, por lo que éste debe ser muy estable capaz de resistir, el peso de la presa y del embalse. Constituyen las represas de mayor durabilidad y que menor mantenimiento requieren.

Su estructura recuerda a la de un triángulo isósceles ya que su base es ancha y se va estrechando a medida que se asciende hacia la parte superior aunque en muchos casos el lado que da al embalse es casi de posición vertical.

La razón por la que existe una diferencia notable en el grosor del muro a medida que aumenta la altura de la presa se debe a que la presión en el fondo del embalse es mayor que en la superficie, de esta forma, el muro tendrá que soportar más fuerza en el lecho del cauce que en la superficie. La inclinación sobre la cara aguas arriba hace que el peso del agua sobre la presa incremente su estabilidad. .

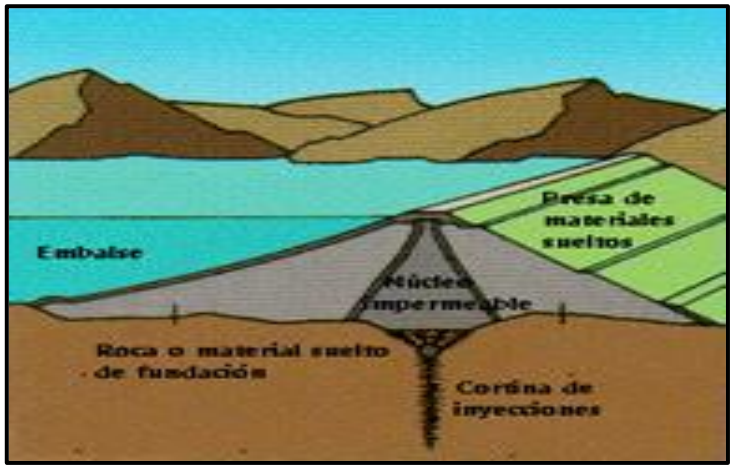

Figura 3.1. Presa de tipo gravedad. (Wikipedia. 2018).

- **Presas de bóveda o arco**

Son todas aquellas en las que su propia forma es la encargada de resistir el empuje del agua. Debido a que la presión se transfiere en forma muy concentrada hacia las laderas de la cerrada, se requiere que ésta sea de roca muy dura y resistente. Constituyen las represas más innovadoras en cuanto al diseño y que menor cantidad de hormigón se necesita para su construcción. Cuando la presa tiene curvatura en el plano vertical y en el plano 15 horizontal, también se denomina de bóveda. Para lograr sus complejas formas se construyen con hormigón y requieren gran habilidad y experiencia de sus constructores que deben recurrir a sistemas constructivos poco comunes. Debido a que transfieren en forma muy concentrada la presión del agua al terreno natural, se requiere que éste sea de roca muy sana y resistente, la que debe también ser muy bien tratada antes de asentar en ella la represa.

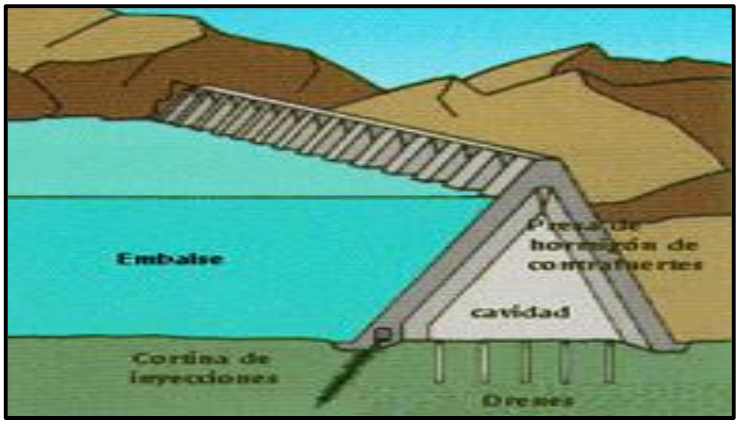

Figura 3.2 Presa en Arco. (Wikipedia, 2018).

3.2.1.2 Según su material

- **Presas de hormigón**:

Son las más utilizadas en los países desarrollados ya que con éste material se pueden elaborar construcciones más estables y duraderas. Normalmente, todas las

presas de tipo gravedad, arco y contrafuerte están hechas de este material. Algunas presas pequeñas y las más antiguas son de ladrillo, de sillería y de mampostería.

En España, el 67% de las presas son de gravedad y están hechas con hormigón ya sea con o sin armaduras 16 de acero. Las represas de gravedad de hormigón, se compone de cemento, piedras, gravas y arenas, en proporciones variables según el tipo de estructura y las partes de las mismas que se trate.

La particularidad de este material, que le permite adoptar complejas formas una vez fraguado, da la posibilidad de optimizar la forma y, por lo tanto disponer el peso de una manera tal que sea mayor la capacidad de la represa en su conjunto para resistir el empuje.

- **Presas de materiales sueltos**:

Son las más utilizadas en los países subdesarrollados ya que son menos costosas y suponen el 77% de las que podemos encontrar en todo el planeta. Son aquellas que consisten en un relleno de tierras, que aportan la resistencia necesaria para contrarrestar el empuje de las aguas.

Los materiales más utilizados en su construcción son piedras, gravas, arenas, limos y arcillas aunque dentro de todos estos los que más destacan son las piedras y las gravas. Este tipo de presas tienen componentes muy permeables, por lo que es necesario añadirles un elemento impermeabilizante.

Este elemento puede ser arcilla (en cuyo caso siempre se ubica en el corazón del relleno) o bien una pantalla de hormigón, la cual se puede construir también en el centro del relleno o bien aguas arriba. Las represas de materiales sueltos no soportan ser sobrepasadas por una crecida.

Por ello es necesario, basándose en el conocimiento del comportamiento histórico del río, efectuar una predicción de la forma en que se deberá operar el embalse formado, para evitar que en toda la vida de la obra sea sobrepasada por ninguna crecida, ya que corren el riesgo de 17 desmoronarse y arruinarse.

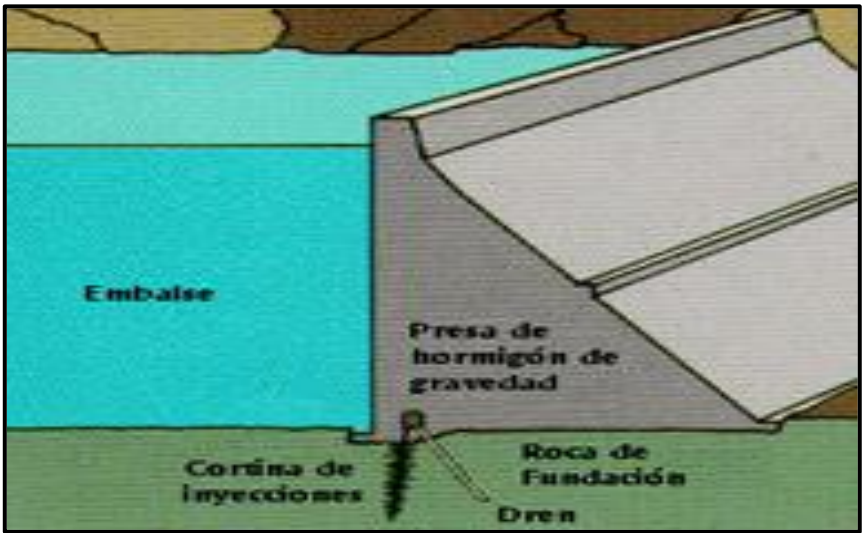

Figura 3.3: Presa de materiales sueltos. (Wikipedia,2018).

3.2.1.3 Según su aplicación

- **Presas filtrantes o diques de retención:**

Son aquellas que tienen la función de retener sólidos, desde material fino, hasta rocas de gran tamaño, transportadas por torrentes en áreas montañosas, permitiendo sin embargo el paso del agua.

- **Presas de control de avenidas**:

Son aquellas cuya finalidad es la de laminar el caudal de las avenidas torrenciales, con el fin de que no se cause daño a los terrenos situados aguas abajo de la presa en casos de fuerte tormenta.

- **Presas de derivación:**

El objetivo principal de estas es elevar la cota del agua para hacer factible su derivación, controlando la sedimentación del cauce de forma que no se obstruyan las bocatomas de derivación. Este tipo de presas son, en general, de poca altura ya que el almacenamiento del agua es un objetivo secundario.

En geología una Falla es una discontinuidad que se forma en las rocas de la corteza terrestre. En nuestro caso cuando se habla de falla de una presa se refiere a una rotura de la obra, con consecuencias graves para la población y la infraestructura que se encuentre aguas debajo de la misma.

Una falla es diferente de un incidente, pero a su vez un incidente no significa que la presa falle, aunque en algunos casos extremos eso ha llegado a ocurrir. La construcción de una represa es un mega proyecto que posee un gran espectro por lo tanto es necesario trabajar como sumo cuidado ya que los diferentes desaciertos pueden llegar a ocasionar grandes daños arrastrando todo a su paso. Existen muchas infraestructuras hidráulicas, desde la antigüedad hasta nuestros días, haremos énfasis en algunas a nivel mundial que se ha visto afectada por algún tipo de incidente, causando a su vez la falla de la obra.

3.2.2 Flujos de Filtración en Suelos y Rocas

Los suelos tienes vacíos interconectados a través de los cuales el agua puede fluir de puntos de alta energía a puntos de baja energía. El estudio del flujo de agua a través de un suelo o roca como medio poroso es importante en la mecánica de suelos y rocas, siendo necesario para estimar la cantidad de infiltración subterránea bajo varias condiciones hidráulicas, para investigar problemas que implican el bombeo de agua

para construcciones subterráneas y para el análisis de estabilidad de las presas de tierra y de estructuras de retención sometidas a fuerzas de infiltración, (Arellano, 2015).

El agua presente en el suelo influye en su comportamiento en cuanto modifica la forma de las partículas y afecta a las fuerzas transmitidas a través de ellas. El flujo de agua en el macizo rocoso puede producirse a través de la roca intacta o matriz, a través de las discontinuidades. El primer caso puede llegar a tener escasa importancia cuando se trata de rocas ígneas, calizas intactas, algunos tipos de yesos, etc., al ser su permeabilidad muy pequeña. Para algunas rocas sedimentarias como las areniscas, la permeabilidad primaria intergranular puede llegar a ser importante (Arellano, 2015).

3.2.2.1 Líneas de Corriente y Líneas Equipotenciales

El empleo de la representación gráfica para el flujo que traspasa el suelo se lleva a cabo a través de lo que se denomina como red de flujo. De la red de flujo se puede obtener información relativa a los problemas planteados, (Torres, 2010).

El camino seguido por una partícula de agua en su recorrido de escurrimiento o filtración a lo largo de una masa de suelo saturado es llamado línea de corriente, un ejemplo de estas, son las líneas curvas, suaves y sólidas, que pasan por debajo de un muro de contención construido con una pantalla de estacas como el que se muestra en la figura 3.4.

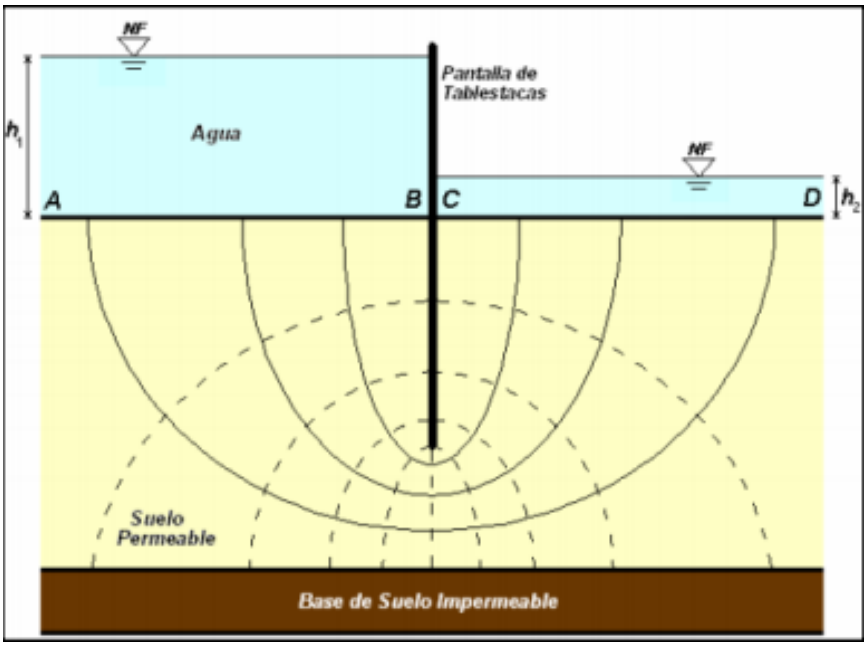

Figura 3.4 Diagrama de líneas de corriente y líneas equipotenciales (Torres 2010).

Cada línea de flujo comienza en un punto localizado sobre la línea AB, con una carga de presión ($h = h_1 – h_2$) que se disipa por la fricción viscosa, y termina en la línea CD, donde la carga de presión es igual a h_2. A todo lo largo de la línea existe un punto donde el agua ha disipado una porción específica conocida como su potencial. Una línea que conecte todos esos puntos de igual carga es llamada línea equipotencial (líneas punteadas de la figura 3.4 o dicho de otra manera: en todos los puntos de una misma línea equipotencial, el agua asciende en un piezómetro hasta un mismo nivel piezométrico.

Dichas líneas se asemejan a curvas de nivel de igual energía y las líneas de flujo las cortan en ángulo recto, ya que el agua se mueve desde los niveles de mayor a los de menor energía, siguiendo los caminos de gradiente de máxima energía; de la misma manera que el agua corre hacia abajo en la ladera de una colina, de los niveles superiores a los inferiores siguiendo la misma línea de pendiente máxima (Torres, 2010).

El esquema de las líneas de flujo y equipotenciales se denomina red de flujo y es un instrumento poderoso para la solución de los problemas de filtración de agua donde es evidente que existe un número ilimitado de líneas de flujo y de equipotenciales, pero se toman sólo aquellas que ofrecen una representación más general y una forma más conveniente de explicar el fenómeno (Torres, 2010).

3.2.2.2 Red de flujos

Es la combinación de las líneas de corriente y las líneas equipotenciales; se construyen para calcular el flujo de aguas subterráneas y tienen reglas de trazo específicas. Las dos familias de curvas son ortogonales solo para suelos isotrópicos. Los suelos anisotrópicos necesitan transformarse para ser tratados como isotrópicos.

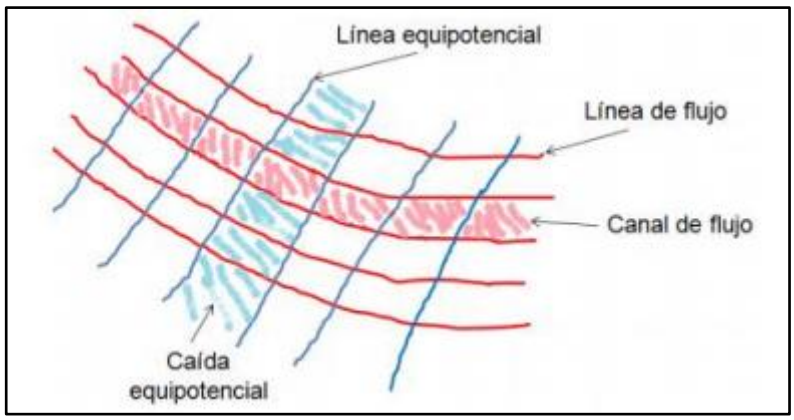

Figura 3.5 Red de flujos (Torres 2010).

El caudal que fluye entre dos (2) líneas consecutivas es el mismo por unidad de ancho, las líneas equipotenciales no pueden cortarse entre sí, dentro del medio fluido, tampoco las líneas de corriente pueden cortarse entre sí dentro del medio fluido. (Das, 1999).

Se trata entonces de definir en cada caso las condiciones de frontera específicas del problema a trazar, cumpliendo con estas, las dos familias de curvas ortogonales, obteniendo así una verdadera imagen gráfica del problema, que si ha sido realizada con cuidado podrá ser lo suficientemente buena para los fines ingenieriles. (Bowles, 1995).

Para la conformación de las redes de flujo se procede de la siguiente manera:

1. Se dibuja la geometría del problema a escala

2. Se dibujan las líneas de flujo y equipotenciales conocidas del contorno

3. Se trazan varias líneas de corriente perpendiculares a las líneas equipotenciales conocidas del contorno.

4. Se dibujan las líneas equipotenciales necesarias para conseguir cuadrados curvilíneos, logrando que las dos familias de curvas sean perpendiculares entre sí (Figura 3.5).

5. La pérdida de carga total se distribuye de manera uniforme entre equipotenciales.

6. Un canal de flujo es el comprendido entre dos líneas de corriente.

7. Todos los canales de flujo transportan el mismo caudal.

Teniendo en cuenta que:

Nf: Número de canales de flujo.

Nd: Número de caídas sucesivas de potencial.

Δh se distribuye en las caídas sucesivas de potencial.

dh: Pérdida de carga entre equipotenciales.

dh: Δh / Nd

El caudal que fluye en la red (cuadrado formado por las líneas equipotenciales y de corriente) y considerando que la red es cuadrada, será:

$$q = K\,\Delta h / Nd \tag{3.2}$$

Considerando que todos los canales transportan el mismo flujo, el caudal total corresponde a:

$$Q = K\,\Delta h * Nf / Nd \tag{3.3}$$

Para determinar la presión intersticial en cualquier punto, se debe conocer la equipotencial en que se ubica, para determinar su altura piezométrica:

$$hp = hA - Nd * \Delta h / Nd = Zp - up / \gamma w \tag{3.4}$$

Despejando la presión intersticial queda:

$$up = \gamma w\,(hA - Nd * \Delta h / Nd - Zp\,) \tag{3.5}$$

3.2.3 Modelo Geotécnico de las Filtraciones

La red de flujo es la solución gráfica de la ecuación de Laplace, y es sin duda una herramienta muy poderosa para analizar y resolver los problemas y

fenómenos que causa la filtración de agua en los suelos. Sin embargo, lo esencial es definir plenamente la geología real del sitio, los parámetros geotécnicos de los suelos e identificar claramente las vías preferenciales de filtración.

Así y sólo así, podemos establecer el modelo más real del problema y por ende tomar soluciones adecuadas para resolver los problemas de filtraciones no controladas, tal como lo hemos hecho en nuestro caso particular.

Por ello, tal como se menciona anteriormente, para establecer el mejor modelo de filtraciones es necesario realizar un estudio geotécnico en el que se establezcan las condiciones geológicas del sitio, estratigrafía, tipo del suelo, características y propiedades geotécnicas e hidráulicas de los suelos, vías preferenciales de flujo, etc.

3.2.4 Modelo Matemático basado en el Método de Elementos Finitos para la obtención de la red de flujo

El Método de los elementos finitos (MEF) es un método de aproximación de problemas continuos, de tal forma que:

a. El continuo se divide en un número finito de “elementos”, cuyo comportamiento se define mediante un número finito de parámetros asociados a ciertos puntos característicos llamados “nodos”. Estos nodos son los puntos de unión de cada elemento con su adyacente.

b. El sistema completo se forma por ensamble de elementos y su solución sigue las reglas de los problemas discretos.

c. Las incógnitas dejan de ser funciones matemáticas y pasan a ser el valor de estas funciones en los nodos.

d. El comportamiento en el interior de cada elemento queda definido a partir del comportamiento de los nodos mediante las adecuadas funciones de interpolación o funciones de forma.

Por lo tanto el MEF se basa en transformar un cuerpo de naturaleza continua en un modelo discreto aproximado, esta modelación se denomina discretización del modelo. El conocimiento de lo que sucede en el interior de este modelo aproximado, se obtiene mediante la interpolación de los valores en los nodos. Es por tanto una aproximación de los valores de una función a partir del conocimiento de un número determinado y finito de puntos.

El software que hemos empleado para el análisis de las filtraciones, usa el Método de los elementos Finitos para obtener las presiones de agua en la cimentación del Dique. El programa muestra como resultado de la modelación las líneas equipotenciales en términos de cotas.

3.2.5 Factores que favorecen la filtración

Los factores principales que determinan el movimiento del agua por infiltración son:

a. Textura. Los porcentajes de arena, limo y arcilla presentes en el suelo. En un suelo arenoso se favorece la infiltración.

b. Profundidad del suelo a una capa endurecida, lecho rocoso u otras capas impermeables influyen en la infiltración. Los suelos delgados almacenan menos agua que los suelos profundos.

c. Temperatura del suelo. Los suelos calientes permiten mayor infiltración del agua que los suelos fríos.

d. Estructura. Suelos con grandes agregados estables en agua tienen proporciones de filtraciones más altas.

e. Cantidad de materia orgánica. Altas proporciones de materia orgánica sin descomponer propician que una mayor cantidad de agua entre al suelo.

f. Cantidad de agua en el suelo. En general un suelo mojado tendrá una menor infiltración que un suelo seco.

g. Cantidad de organismos vivos. A mayor actividad microbiológica en los suelos habrá una mayor infiltración. Un caso típico es la elaboración de pequeños túneles por las lombrices, los cuales favorecen la infiltración y la penetración de las raíces así como la aireación. (Cancela, 1987).

3.2.6 Efectos de las filtraciones

En muchos problemas geotécnicos, el movimiento del agua que llena los poros y diaclasas del terreno, tiene una influencia esencial. Pero, esta influencia tiene tres aspectos distintos. El primero se refiere al caudal de agua que circula, por ejemplo si se trata de un embalse, importa saber la cantidad de agua que se perderá a través de la presa y del terreno, (Franco, 1988).

Si se trata de obtener un recinto seco en un cauce de agua (por ejemplo un río).

El segundo aspecto es menos evidente, pero de igual importancia y se refiere a la variación del estado tensional del suelo. El agua, al circular, toma un cierto estado de presiones intersticiales que determinan a su vez el estado de tensiones del terreno y, por lo tanto, afectan a sus deformaciones y a su estabilidad. El rebajamiento del nivel de la capa freática, bien sea por una extracción excesiva de agua por medio de pozos, para su aprovechamiento, o bien como artificio constructivo produce asientos que pueden llegar a ser desde varios centímetros a algunos metros. Por otra parte en lo que se refiere a la estabilidad, la influencia de la filtración sobre los taludes se manifiesta bien claramente después de cualquier temporal de lluvia, cuando aparecen corrimientos, muchas veces causantes de cortes en las carreteras y ferrocarriles (Franco, 1988).

Por último, el tercer aspecto es el de las alteraciones que el paso del agua puede producir en el terreno. Estas pueden dividirse en físicas, químicas y biológicas. Como fenómenos típicos, podemos citar la erosión interna (arrastre de partículas del suelo), muchos casos de cementación por precipitación de geles, y también el de aparición de susceptibilidad tixotrópica, al cambiar el agua salina de los poros por agua dulce. Como alteraciones debidas, al menos en parte, a actividades biológicas, se puede citar que el desarrollo de algas microscópicas es capaz de impermeabilizar en poco tiempo capas que se deseaba fueran filtrantes. En otros casos, el rebajamiento de la capa freática reactiva bacterias aeróbicas que permanecían en vida latente o muy amortiguada, y desencadena procesos de hinchamiento (Franco, 1988).

Dice Terzaghi, a quien se lo considera el padre de la Mecánica de Suelos, que la buena ingeniería exige el siguiente procedimiento frente a los problemas hidráulicos:

> “el proyecto se ejecuta fundándose en los resultados de una investigación hidráulica bien realizada, pero teniendo el cuidado de que durante todo el período de la construcción y, si es necesario, durante varios años

> posteriores, se efectúen observaciones en la obra para determinar si, y hasta qué punto, las condiciones hidráulicas del subsuelo difieren de las supuestas. Si las observaciones indican que las condiciones reales son menos favorables que las que se previeron, el proyecto debe modificarse a la luz de los nuevos conocimientos. Por medio de este procedimiento, ha sido posible evitar muchos desastres en el caso de diques."

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. EI 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 másicas 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 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 m3 /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^3) (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 km3). 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 abajo de la presa. El nivel de aguas abajo varia 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 esta 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).

3.4.36Volumen 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 la magnitud de las filtraciones que se producirían a través de las fundaciones del dique de la represa 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 Wará II y registro de las condiciones del relieve, vegetación, clima y fotográficas de la zona.

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, códices, 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. (2004:137) 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 del dique y las fundaciones de 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 se considerará igual a la población por cuanto las dimensiones del dique y sus fundaciones son finitas.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Técnicas de recolección de datos

Según Arias (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. Cámará fotográfica
b. Cinta Métrica
c. Clinómetro
d. GPS
e. Equipo de computación
f. Calculadora
g. Programas de ofimática, Hec-Ras, Autocad, SEEP/W, 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 distribución de los azolves en el embalse de la represa Warà II, se plantean las siguientes actividades:

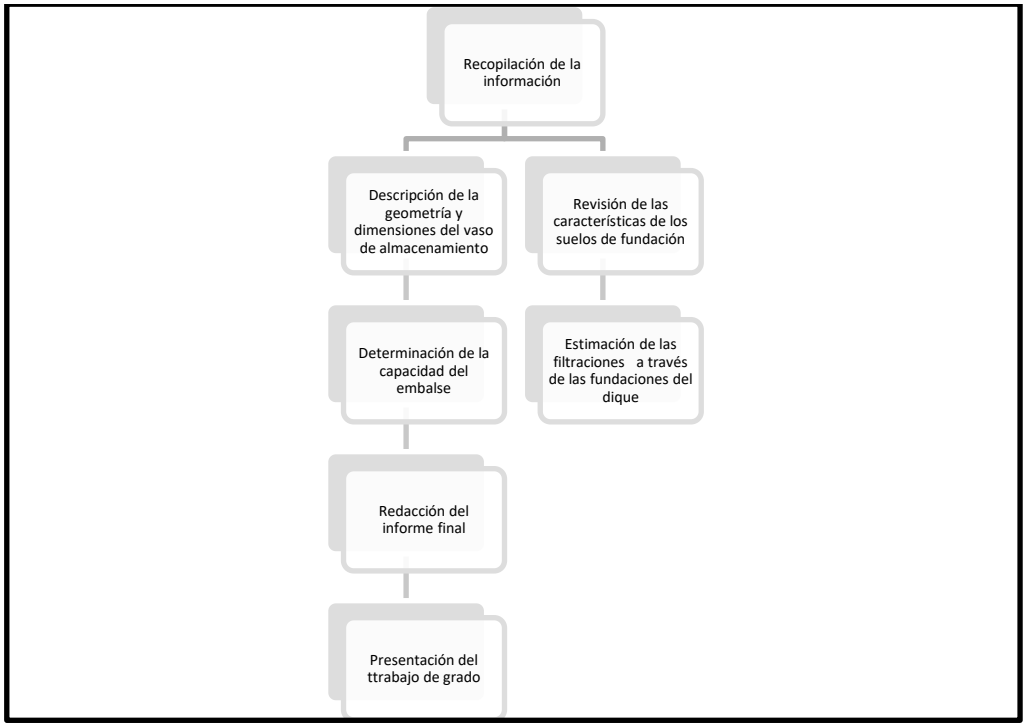

Figura 4.1 Flujograma de la investigación (Corro y Martínez, 2019).

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 Geometría y dimensiones del embalse

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

La descripción del vaso de almacenamiento se basará en la revisión de un levantamiento topo-batimétrico, de secciones transversales del lecho del embalse y de un plano batimétrico elaborado por estudiantes de Trabajo de grado de Ingeniería Geológica y de Ingeniería civil de la Universidad de Oriente.

4.6.3 Características geotécnicas de los materiales de fundación

Se revisaran los resultados de una perforación realizada en el sitio de fundación del dique cuyos materiales fueron analizados en los laboratorios de Geo-Lab en Boa Vista (Brasil) .

4.6.4 Estimación de la capacidad útil del embalse

Con base a las dimensiones del dique y al plano topográfico del vaso de almacenamiento se construyeron las curvas de áreas y capacidades del embalse lo cual permitió determinar la capacidad total de almacenamiento de agua del embalse Warà II.

465 Estimación de filtraciones a través de las fundaciones

Mediante el uso del módulo SEEP/W del programa GEOSTUDIO se efectuó la modelización de los flujos a través de las fundaciones considerando los niveles del agua, las dimensiones del dique y las características geotecnicas de los materiales de las fundaciones.

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 embalse y del dique Wará II

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, realizado por un grupo de estudiantes de las especialidades de ingeniería geológica y de ingeniería civil, se posicionaron un toal de veinticuatro (24) puntos de interés visualizados desde 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 los resultados de las coordenadas y cotas se presentan en la minuta siguiente:

Tabla 5.1 Coordenadas UTM y cotas de los puntos de interés en el dique y embalse Wará II (Corro y Martínez, 2019).

Est.	Pto Vist	Cota	COORDENADAS	
			Norte	Este
C		905.00	511164.00	706790.00
	D	905.15	511166.90	706782.03
	c1	904.75	511151.99	706785.15
	c2	904.69	511142.12	706780.20
	c3	904.68	511137.99	706771.40
	c4	904.80	511142.02	706774.10
	c5	904.69	511138.87	706765.66
	c6	904.87	511147.07	706781.42
	c7	904.86	511158.86	706782.67
	c8	903.51	511160.75	706791.85
	c9	903.51	511160.75	706791.85
	c10	904.21	511161.60	706786.68
	c11	903.32	511147.49	706788.11
	c12	903.90	511137.15	706779.29
	c13	903.82	511139.44	706783.19
	c14	903.51	511134.03	706772.97
	c15	903.37	511164.28	706785.27
	c16	904.72	511164.40	706786.17
	c17	901.86	511169.22	706785.09
	c18	901.41	511170.04	706786.11
	c19	902.03	511167.88	706789.02
	c20	900.71	511170.43	706790.62
	c21	902.01	511166.23	706793.18
	c22	901.00	511166.98	706793.75
	c23	900.41	511176.42	706790.18
	c24	901.82	511173.75	706794.52

Figura 5.1 Trabajo topográfico en el dique Wará II

Figura 5.2 Labores de batimetría en el embalse Wará II

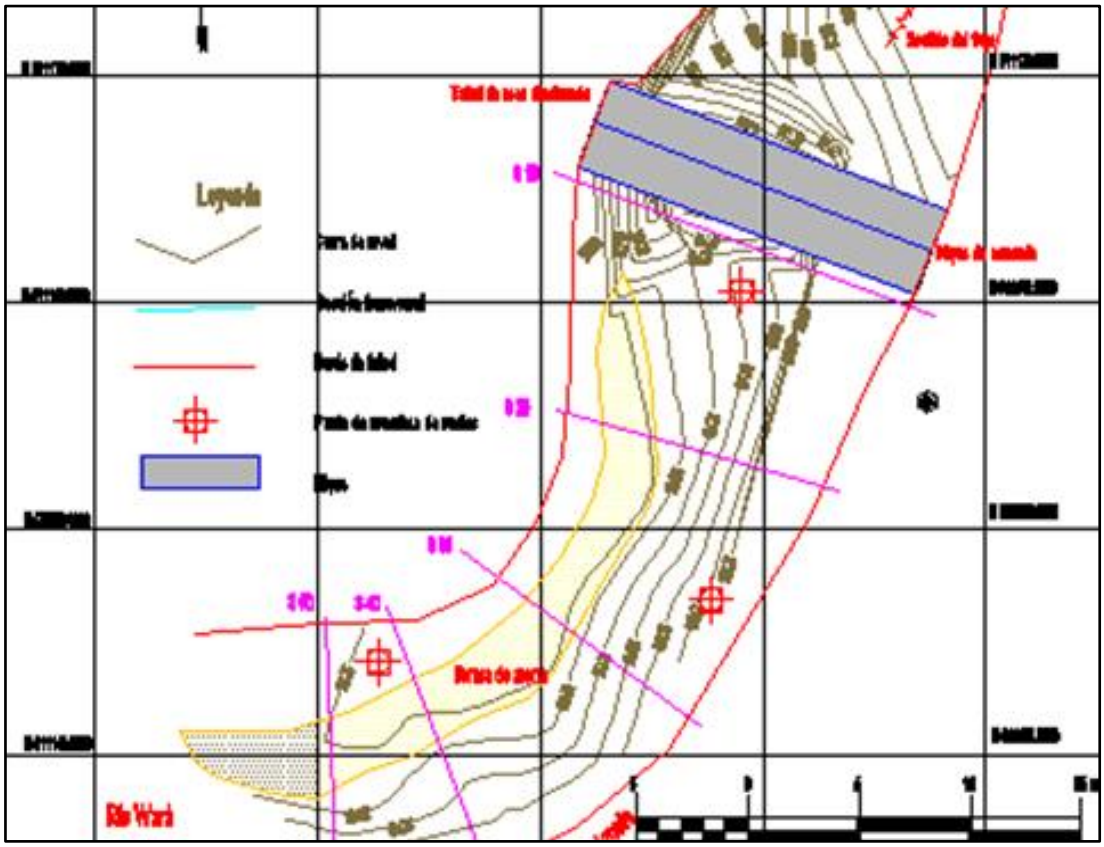

Figura 5.3 Plano del embalse Wará II (Corro y Martínez, 2019).

5.1.1 Secciones transversales del embalse

Se construyeron cinco (5) secciones transversales, las cuales fueron codificadas como 10, 20, 30, 40 y 50. Y se presentan en las figuras 5.4 a 5.8

En dichas secciones se puede observar que las mayores profundidades se ubican en el lado derecho descendente del embalse. Asimismo se observa la geometría de la berma de acumulación de sedimentos en el lado izquierdo del embalse.

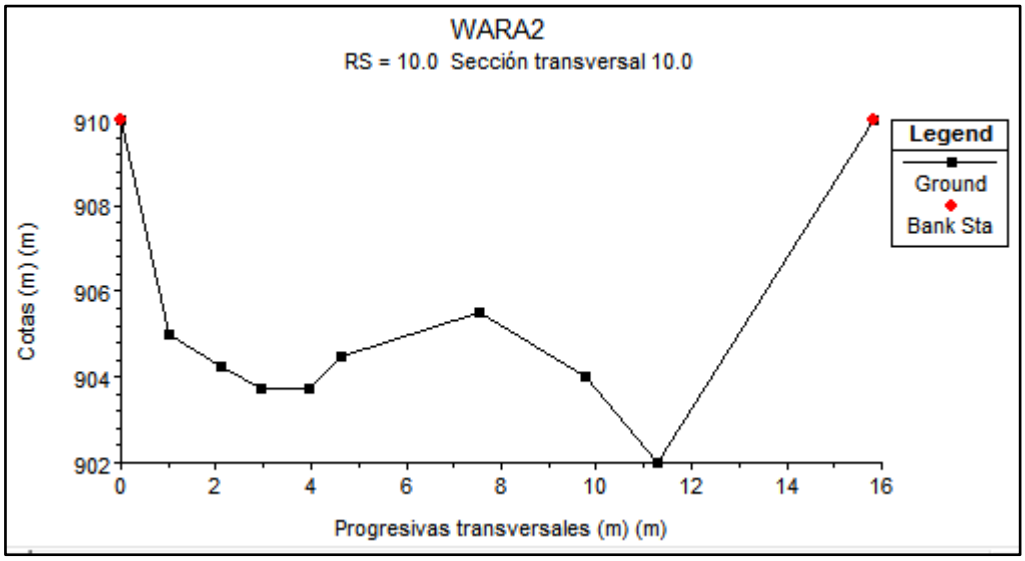

Figura 5.4 Sección transversal 10 (Corro y Martínez, 2019).

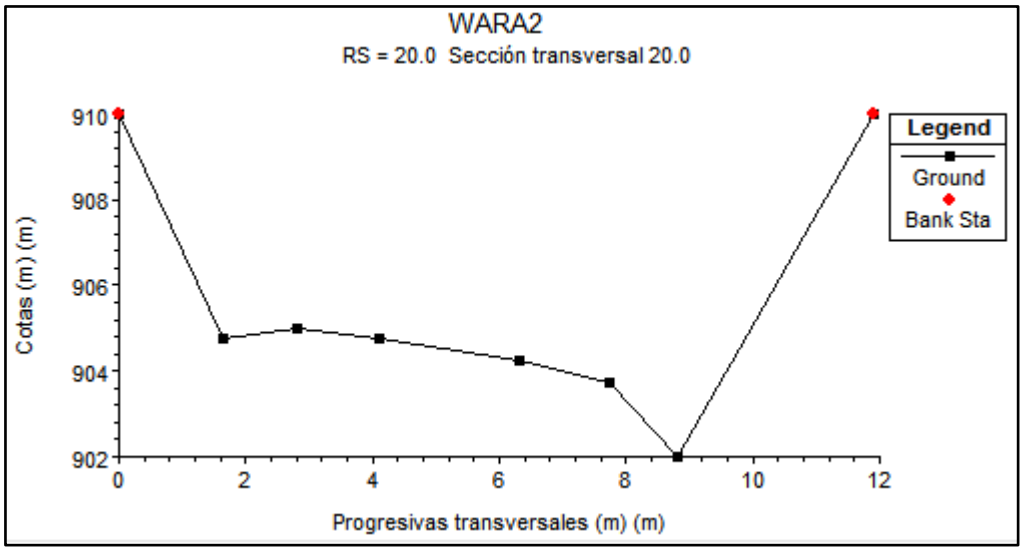

Figura 5.5 Sección transversal 20 (Corro y Martínez, 2019).

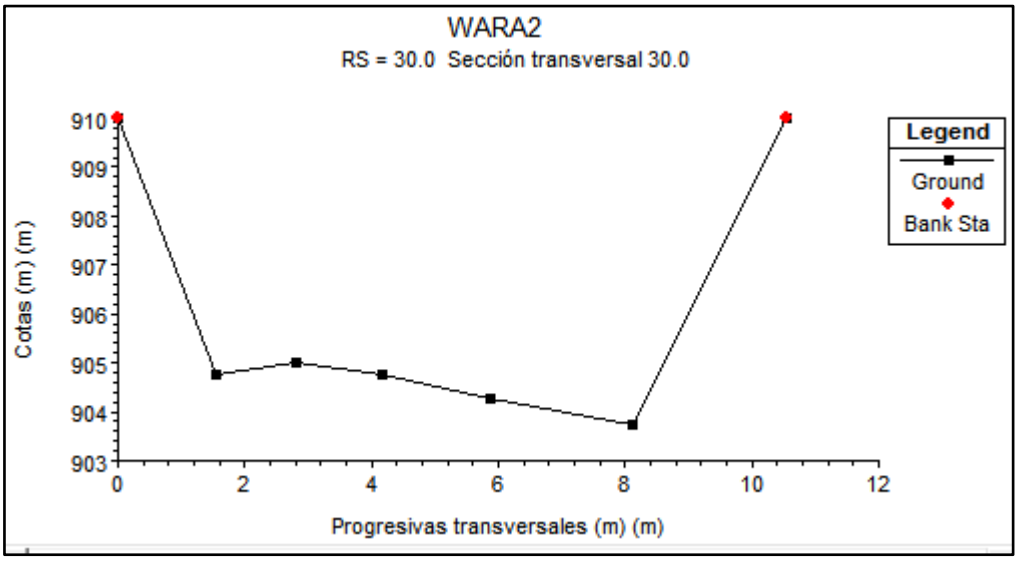

Figura 5.6 Sección transversal 30 (Corro y Martínez, 2019).

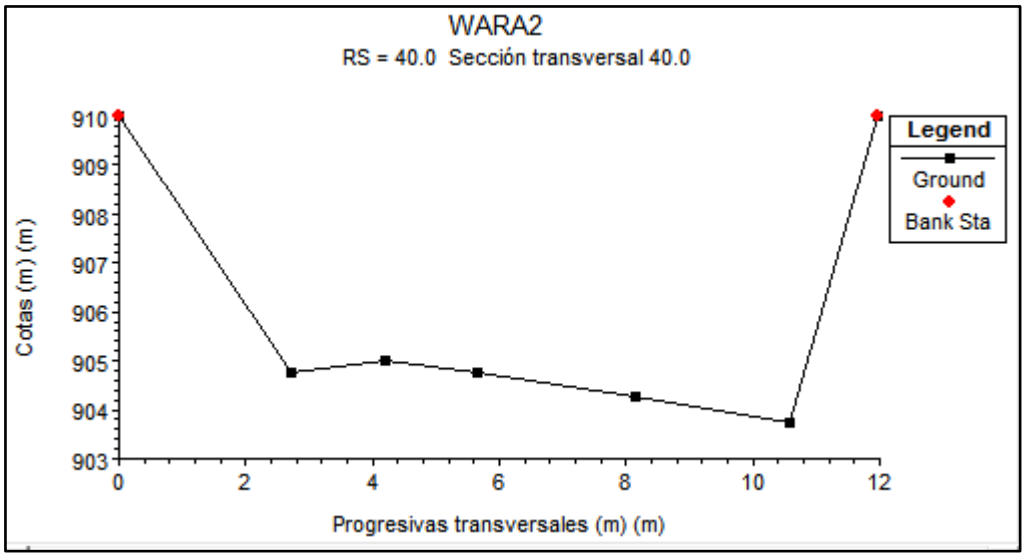

Figura 5.7 Sección transversal 40 (Corro y Martínez, 2019).

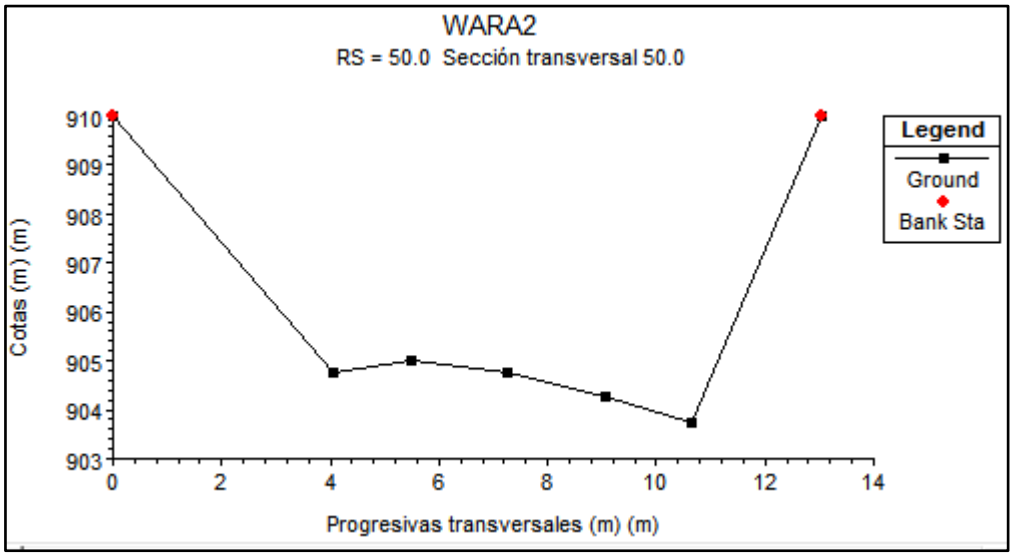

Figura 5.8 Sección transversal 50 (Corro y Martínez, 2019).

5.1.2 Geometría y dimensiones del dique

Una vez efectuadas las mediciones de la estructura del dique se presenta tres (3) esquemas de las vistas vertical, lateral y planta del dique Wará II (Figuras 5.9 a 5.11):

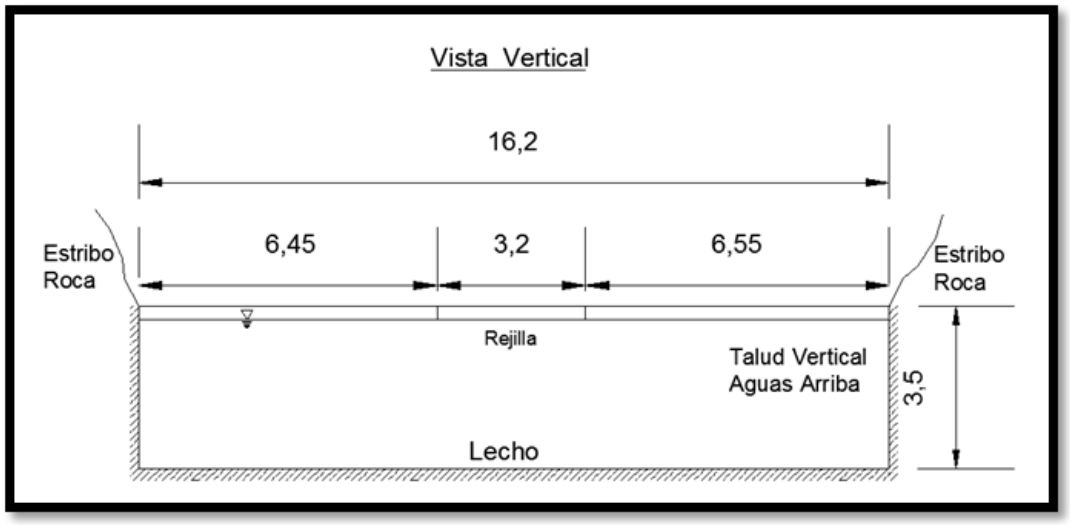

Figura 5.9 Vista frontal vertical del dique de concreto Wará II (Corro y Martínez, 2019).

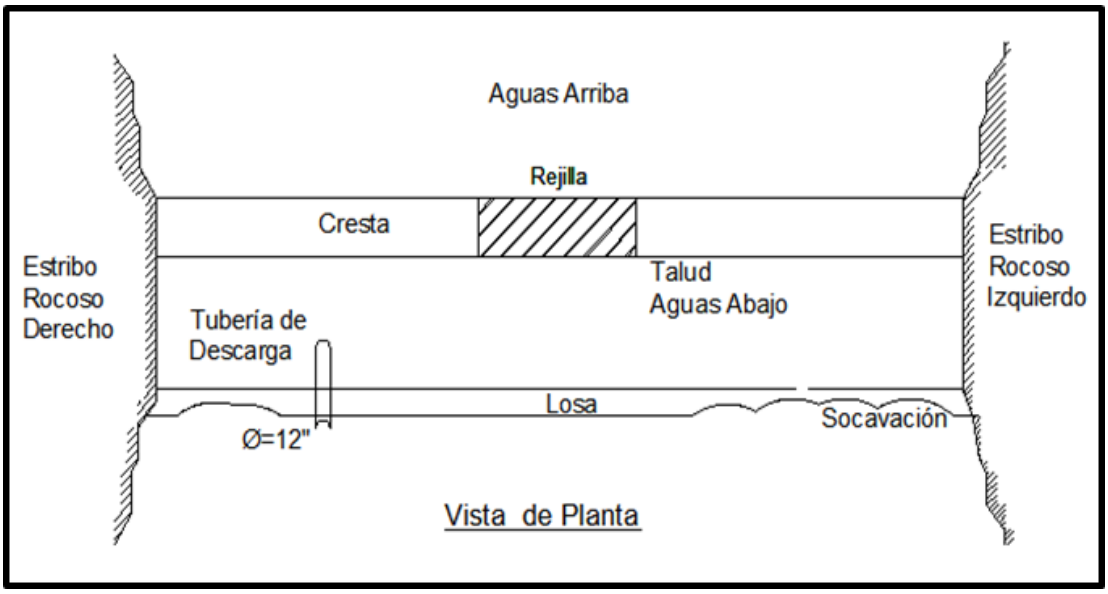

Figura 5.10 Vista en planta del dique de concreto Wará II (Corro y Martínez, 2019).

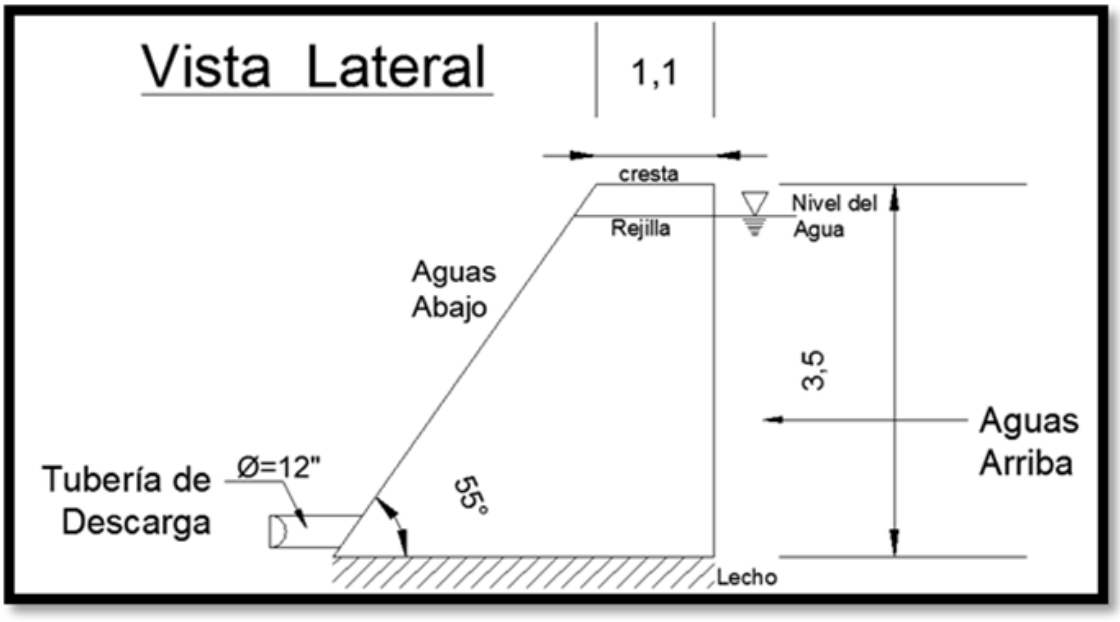

Figura 5.11 Vista lateral del dique de concreto Wará II (Corro y Martínez, 2019).

Figura 5.12 Dique Wará II (Corro y Martínez, 2019).

5.2 Características geotécnicas de los materiales de las fundaciones

Con la finalidad de caracterizar los materiales presentes en el sitio de las fundaciones, se revisará la descripción de una perforación efectuada en el año 2007 antes de la construcción del dique y ubicada en el sitio de fundación de la presa.

Cabe destacar que los análisis de las muestras de esa perforación y su posterior interpretación fue realizada por la empresa GeoLab en Boa Vista, Brasil.

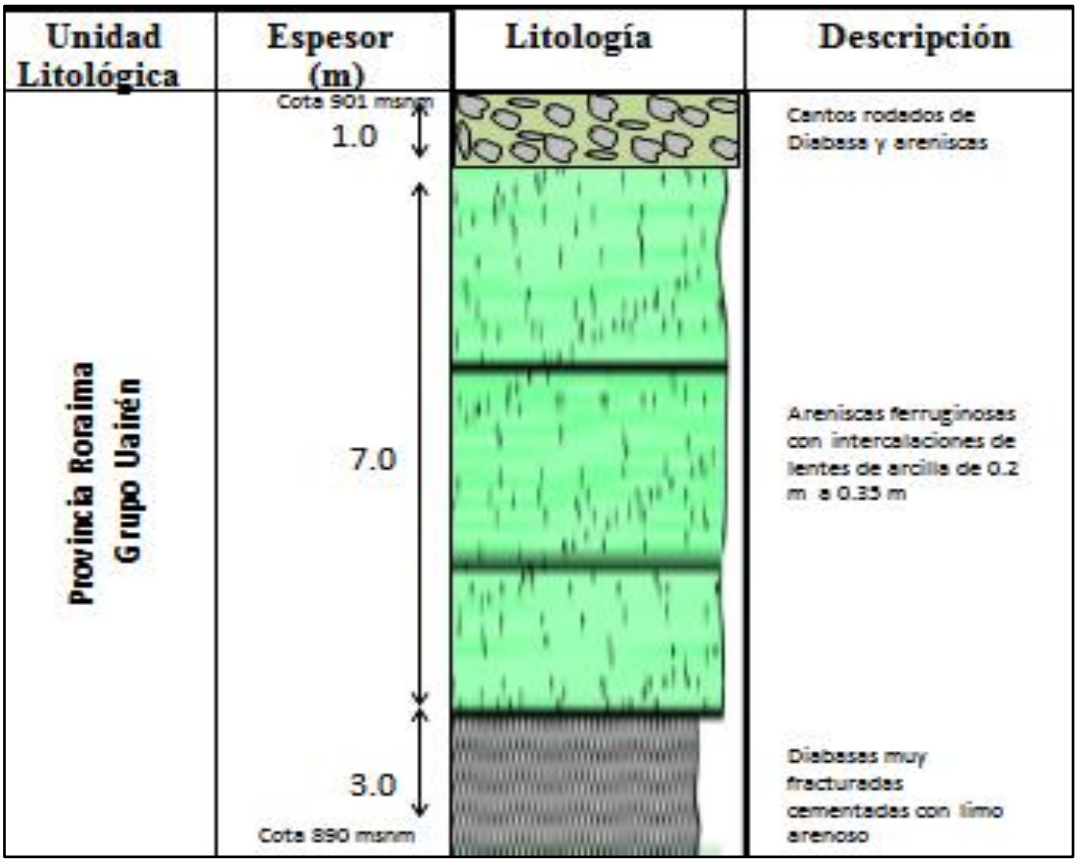

Figura 5.13 Columna estratigráfica de la perforación (GeoLab, 2007).

Los resultados encontrados por GeoLab (2007) ratifican las apreciaciones de Reid (1974) en González de Juana et al (1980) quien afirma que en la región de Santa Elena de Uairén, la parte basal del Grupo Roraima, conocida como Formación Uairén yace discordantemente sobre un basamento erosionado de rocas volcánicas ácidas, y consiste en conglomerados y areniscas de origen fluvial.

Por otro lado, durante las inspecciones en campo se pudo observar rocas y cantos rodados consideradas presuntamente Diabasa, aguas abajo del dique Wará II (Figura 5.14). Lo cual ratifica algunas de las afirmaciones de Bellizzia (1957) en González de Juana et al (1980) en cuanto a las características físicas de estas diabasas, cuando dice que son rocas compactas, duras y de estructura densa, de color generalmente gris

oscuro ocasionalmente con tonalidades verdosas. La textura es de grano medio, hacia el centro, y fino hacia los bordes.

Figura 5.14 Cantos rodados y rocas Diabasas redondeadas, aguas abajo del dique (Corro y Martínez, 2019).

Figura 5.15 Vista del tope de la cimentación bajo el plinto del dique (Corro y Martínez, 2019).

5.3.2 Características geotécnicas de los materiales de la perforación

Se mencionarán a continuación las características geotécnicas de las areniscas limosas detectadas.

a. Tipo de material: Arenisca limosa
b. Decil 60 (d_{60}): 0.36 mm
c. Decil 30 ($d_{10)}$: 0.20 mm
d. Permeabilidad de la cimentación: 5.2×10^{-6} m/s

5.3 Capacidad volumétrica actual del embalse

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

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

Asimismo se determinó un área inundada de 330.64 para la totalidad de la presa llena, descargando por la rejilla de obra de toma ubicada adyacente a la cresta del dique

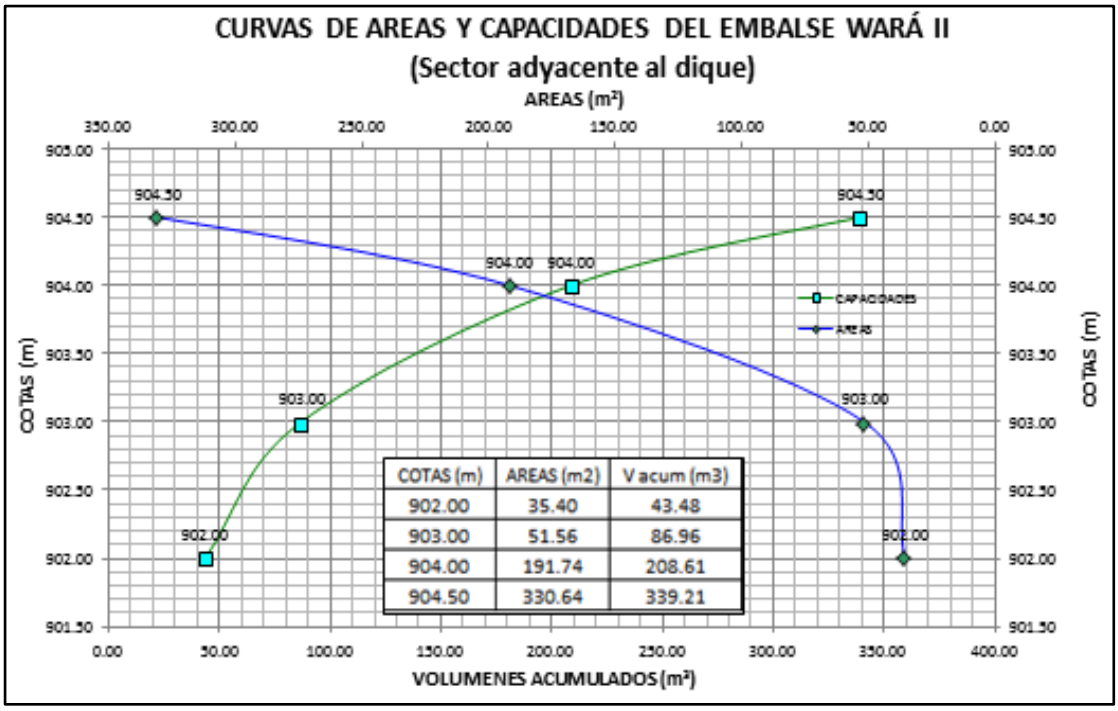

Figura 5.16 Curva de áreas y capacidades del dique Wará II (Corro y Martínez, 2019).

Figura 5.17 Acumulación de sedimentos en la ribera izquierda del embalse (Corro y Martínez, 2019).

5.4 Magnitud de las filtraciones a través de las fundaciones

Haciendo uso del módulo SEEP/W del programa GEOSTUDIO y considerando la altura del nivel de agua, las características geotécnicas de los materiales del sitio de fundación del dique, se determinó la magnitud de las filtraciones que se podrían producir a través de las cimentaciones del mencionado dique.

En ese orden de ideas se presenta a continuación una lista de los datos requeridos por el programa SEEP/W:

Datos de la geometría del dique:

a. Altura total: 3.5 m
b. Ancho de la cresta: 1.10 m
c. Ancho de la base: 2.45 m
d. Inclinación del Talud aguas abajo: 55°
e. Inclinación del talud aguas arriba: 90°
f. Material: concreto

Datos de la carga hidráulica:

a. Aguas arriba: 3.30 m
b. Aguas abajo: 0.70 m

Datos de las características geotécnicas de la cimentación:

a. Espesor: 7.00 m
b. Granulometría: d_{10} = 0.20 mm y d_{50} = 0.36 mm

c. % humedad: 0.49

d. Límite líquido: 26%

e. Permeabilidad : $5.2x10^{-6}$ m/s

f. Cantidad de agua retenida: 0.12 m^3/m^3

Se presenta a continuación el modelo por definición del dique de concreto suprayacente al estrato de arenisca limosa:

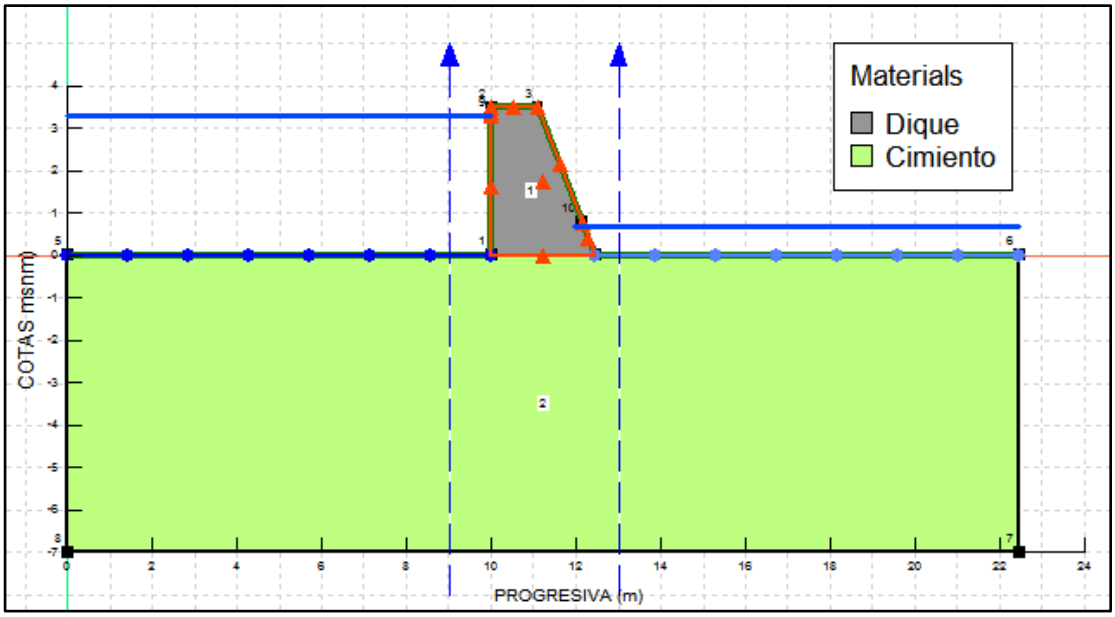

Figura 5.18 Modelo geométrico del dique sobre el estrato de arenisca limosa (Corro y Martínez, 2019).

En la siguiente modelización se simularon las condiciones actuales del dique en una situación de operación normal. Bajo esas condiciones se obtuvo un caudal de filtraciones de 5.01 x 10^{-6} m^3/s (equivalente a 0.432864 m^3/día).

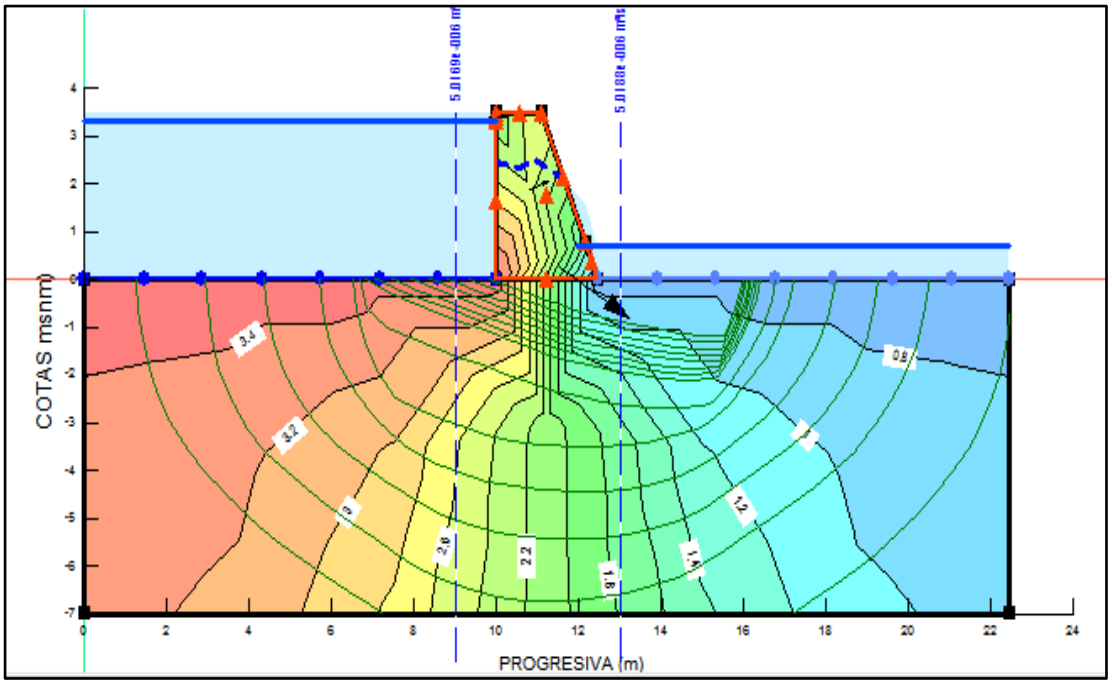

Figura 5.19 Modelización de la situación actual de filtraciones a través de las fundaciones (Corro y Martínez, 2019).

Se considera que el caudal de filtraciones simulado no reviste peligro de poner en riesgo el agua almacenada en el dique, por lo que no requiere la aplicación de ninguna medida para el control de las filtraciones simuladas. Sin embargo, se sugiere un monitoreo sistemático y periódico para cuantificar posibles variaciones en la magnitud de la filtraciones que se producen a través de las fundaciones del dique de la represa Warán II.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. .El vaso de almacenamiento de la represa Wará II tiene forma oblonga con una ribera derecha cóncava en la cual se evidencia un talud erosionado por la corriente durante las avenidas del río y la ribera izquierda es convexa y en sus adyacencias se presenta una berma de sedimentos presumiblemente producto de la depositación durante los períodos de sequía. Asimismo, el embalse se orienta en forma de arco en sentido general este –oeste desde el dique hacia la cola del vaso de almacenamiento

2. .El dique de concreto Wará II, según el U.S. Bureau of Reclamation, se clasifica como una presa pequeña debido a que su altura no alcanza los 15.00 m. De hecho su altura es de 3.50 m, con un ancho de cresta de 1.10 m, ancho de base de 2.85 m y una inclinación del talud aguas debajo de 55°.

3. El dique de concreto Wará II, de acuerdo a los resultados de una perforación de once (11) m de profundidad efectuada antes de su construcción en el año 2007 en el sitio de construcción, se encuentra fundado sobre tres (3) tipos de materiales: una capa de cantos rodados de diabasa y areniscas de color beige, los cuales suprayacen a un estrato de 7.00 m de arenisca ferruginosa con granulometría de arena limosa y finalmente tres (3) m de roca diabasa fracturada compactada con limo arenoso.

4. El vaso de almacenamiento tiene un área de 330,60 m^2 y almacena aproximadamente unos 339,21 m^3 de agua cuando su nivel alcanza la cota de su cresta a los 904,5 msnm. Tanto el volumen almacenado como la magnitud

del área inundada ratifican la clasificación del USBR de que la represa Wará II es pequeña.

5. Una vez modelizada la magnitud de las filtraciones que se producen a través de las fundaciones del dique Wará II, las cuales alcanzan una magnitud de 0.432864 m^3/s se concluye que las mismas no son significativas en cuanto a que no revisten ningún peligro para la operación normal de la presa.

Recomendaciones

1. Se sugiere al ente que opera y administra la represa Wará II, mantener un monitoreo periódico y sistemático de la magnitud de las filtraciones con la finalidad de prever variaciones en la magnitud del caudal filtrado que pudiesen poner en riesgo la operación normal del embalse.

2. 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).

Arellano M. J. C. (2014). TESIS, **ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA** Tinkiccocha- Apurímac. Puno. –

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/TProcyestrucsedimen t.PDF**]**

Bonnefille, R. (1963). **ESSAIS DE SYNTHESE DES LOIS DE DEBUT D¨ENTRAINMENT DES SEDIMENTS SOUS L ACTION D UN COURANT EN REGIME UNIFORME BULL.** Du CREC, No 5**,** Chatou**.** (p 15).

Braja M. DAS. (1999). **FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTECNIA**, 3ra Edición, California State University, Sacramento, Editorial International Thomsom, 594 p. –

Braja M. DAS. (1999). **PRINCIPIOS DE INGENIERÍA DE CIMENTACIONES**, 4ta Edición, California State University, Sacramento, Editorial International Thomsom, 862 p. –

Bowles, J.E.(1995). **PROPIEDADES GEOFÍSICAS DE LOS SUELOS** "Profesor de Ing. Civil Bradley University 235 p. –

Cancela R. M. D. -1987- **COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO DE PRESAS DE RESIDUOS BAJO ACCIONES ESTÁTICAS Y DINÁMICAS**, Tesis Doctoral, Universidad de Madrid, 478 p.

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]

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).

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

Torres N. A (2010). **FILTRACIONES – GEOLOGÍA Y GEOTECNIA**, Universidad Nacional del Rosario, Facultad de Ingeniería Civil, 55 p

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	h med	h inf	DI	DH	DV	Cota	PROYECCIONES		COORDENADAS	
	Vist	hi	º	`	"	radianes	º	`	"	radianes	º	`	"	radianes	º	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

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	ESTIMACIÓN DE LAS FILTRACIONES QUE SE PRODUCEN A TRAVÉS DE LAS FUNDACIONES DEL DIQUE DE CONCRETO DE LA REPRESA WARÁ II EN EL RÍO WARÁ, MUNICIPIO GRAN SABANA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA.
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
CORRO VILLALBA, MARGLORI BLANIFER	**CVLAC**	20.774.336
	e-mail	marglori_15@hotmail.com
	e-mail	
MARTÍNEZ FREIRES, JOVANNY ELSENIO	**CVLAC**	25.394.076
	e-mail	jovamar95@gmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Presas
Diques de concreto
Filtraciones por fundaciones
Dique Wará II
Gran Sabana

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ingeniería hidráulica	Presas y embalses
Fundaciones de presas	Estimación de filtraciones

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 realizar una estimación de la magnitud de las filtraciones que se producen a través de las fundaciones del dique de concreto de la mencionada presa. 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 recopiló la información topográfica y estructural del embalse y del dique Wará II. Se realizó la. Caracterización de los suelos existentes en las fundaciones con base a la información preexistente sobre una perforación realizada en el año 2007 en el sitio de construcción del dique. Se efectuó una estimación de la capacidad del embalse con la finalidad de conocer la carga hidráulica a la cual se encuentra sometida la presa y sus fundaciones. Entre los resultados relevantes se concluyó que el embalse tiene una capacidad actual de 339.21 m^3 de agua. La altura del agua o carga hidráulica al pie de la presa es de 3.50 m (hasta la cota (904.5 msnm). Las fundaciones del dique están constituidas por suelos de arenisca limosa con rocas fragmentadas que presentan una permeabilidad aparente aproximada de $5.02x10^{-6}$ m/s (estimación del laboratorio GeoLab de Boa Vista, Brasil). Por otro lado, la estimación de las filtraciones a través de las fundaciones se estimó con el módulo SEEP/W del programa GEOSTUDIO, y alcanzó una magnitud de 0.432864 m^3/día.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Echeverría D., Dafnis J.	**ROL**	**CA** [ ] **AS** [ ] **TU** [x] **JU** [ ]
	CVLAC	**4.506.408**
	e-mail	**dafnisecheverriaudo@gmail.com**
	e-mail	
Sabino, Ricardo	**ROL**	**CA** [ ] **AS** [ ] **TU** [ ] **JU** [X]
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
Echeverría c., Beatriz c.	**ROL**	**CA** [ ] **AS** [ ] **TU** [ ] **JU** [X]
	CVLAC	**21.013.748**
	e-mail	**beitacaro92@gmail.com**
	e-mail	
	ROL	**CA** [ ] **AS** [ ] **TU** [ ] **JU** [ ]
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2019	**12**	

Lenguaje Spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
ESTIMACIÓN FILTRACIONES FUNDACIONES DIQUE WARÁ II.

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: Dique de concreto Wará II, río Warará, municipio Gran Sabana, estado Bolívar,Venezuela.

Temporal: 2018-2019

Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniero Civil

Nivel Asociado con el Trabajo: Pre-Grado

Pregrado

Área de Estudio:

Ingeniería Civil

Otra(s) Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CU Nº 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda ***"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC Nº 696/2009".***

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR Magaly
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

Cordialmente,

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA * UNIVERSIDAD DE ORIENTE * SECRETARÍA CONSEJO UNIVERSITARIO

JUAN A. BOLAÑOS CURVELO
Secretario

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009) : "Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización."

AUTOR
Margloris B. Corro V.
C.I.: V-20.774.336

AUTOR
Jovanny E. Martínez F..
C.I.: V-25.394.076

TUTOR
Dafnis J. Echeverría D.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLIVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA

CONSTANCIA DE REVISIÓN Y CONFORMIDAD DE TUTORIA

A través de la presente hago de su conocimiento que el trabajo de grado intitulado "**ESTIMACIÓN DE LAS FILTRACIONES QUE SE PRODUCEN A TRAVÉS DE LAS FUNDACIONES DEL DIQUE DE CONCRETO DE LA REPRESA WARÁ II EN EL RÍO WARÁ, MUNICIPIO GRAN SABANA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA."** el cual fue desarrollado por los bachilleres **CORRO V., MARGLORI B..** de cédula de identidad No **20.774.336** y **MARTÍNEZ F., JOVANNY E.**; de cédula de identidad No **25.394.076**, fue revisado y aprobado por quien suscribe y en vista de ello, se propone para que sea expuesto y defendido por sus autores.

Sin otro particular

Atentamente.

Prof. Dafnis Echeverría
Asesor académico