

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO DE SEDIMENTACIÓN DEL EMBALSE GUANAPITO. POSIBLES SOLUCIONES

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por los Brs.:

Vivancos, Genis

Castro, Fernando

Para optar al título de:

Ingeniero Civil

Caracas, 2007

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO DE SEDIMENTACIÓN DEL EMBALSE GUANAPITO. POSIBLES SOLUCIONES

TUTOR ACADÉMICO: Prof. José de Jesús Gaspar

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por los Brs.:

Castro, Fernando

Vivancos, Genis

Para optar al título de:

Ingeniero Civil

Caracas, 2007

ACTA

El día 26 de Junio de 2007 se reunió el jurado formado por los profesores:

José Daniel Rosales

Yuri Medina

José de Jesús Gaspar

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: "ESTUDIO DE SEDIMENTACIÓN DEL EMBALSE GUANAPITO. POSIBLES SOLUCIONES".

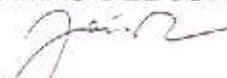
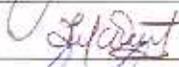
Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**.

Una vez oída la defensa oral que los bachilleres hicieron de su Trabajo Especial de Grado, este jurado decidió las siguientes calificaciones:

NOMBRE	CALIFICACIÓN	
	Números	Letras
Br. Fernando José Castro Oliveros	20	Veinte
Br. Genis Vivancos Lazo	20	Veinte

Recomendaciones:

FIRMAS DEL JURADO


Caracas, 25 de Junio de 2007

DEDICATORIA.

A mis padres por haberme formado como lo han hecho, por confiar en mí en todo momento, por apoyarme en las buenas y en las malas. Para ustedes con todo mi esfuerzo, y de nuevo gracias.....

Fernando Castro Oliveros

Mamá: me enseñaste que después de la tormenta viene la calma, solo tenemos que mantenernos a flote hasta que pase lo malo. Esta es la meta que más ansiaba cumplir y te la dedico a ti, que fuiste y serás siempre mi fuente de inspiración, mi musa.

Genis Vivancos Lazo

AGRADECIMIENTOS

A La Universidad Central de Venezuela por formarme y hacerme el profesional que soy.

A Genis por ser mi compañera, por siempre estar en los momentos difíciles, por tu apoyo incondicional en toda la carrera, por ser el principal punto de apoyo de esta investigación, ya que sin ti esta investigación no hubiese sido posible. De verdad gracias Genis.

Al profesor José de Jesus Gaspar, por su amplia paciencia, total conocimiento del tema y siempre querer expresarnos todos sus conocimientos.

A la profesora Yuri Medina por su tiempo, dedicación y sobre todo por siempre hacernos todos los procedimientos más sencillos para dedicarnos de lleno a realizar la investigación.

Al profesor Roberto Savelli, por dedicar tiempo de su apretada agenda a revisar cualquier aspecto del trabajo y siempre tratar de enseñarnos algo nuevo.

A la profesora Jimena Arcaya por siempre estar pendiente de nosotros y prestarnos su ayuda.

A Bartolo Castellanos por su colaboración y enseñanza en el trabajo de campo.

A Nancy y William por su colaboración, paciencia y ayuda en todo lo relativo al trabajo de campo.

A mi hermano por siempre estar pendiente de mi avance en la investigación y prestar su ayuda en lo que le competía.

Por último a mi familia por confiar siempre en mi desarrollo, crecimiento y por prestar su apoyo incondicional.

Fernando Castro Oliver

A mi mamá, que ha estado conmigo en cada momento de esta travesía universitaria, desde que me acompañó a inscribirme en la universidad hasta ahora... porque todavía te siento a mi lado...

A mi bella hermanita, Lucia, tu eres la razón por la que trato de ser mejor cada día, por lo que me levanto cada mañana y para ti hago mis mayores esfuerzos.

A mi papi, Francisco, espero que te sientas tan orgulloso de mí como yo de ti. Gracias por esforzarte, por darme ánimos y sacrificarte, estoy inmensamente agradecida por tenerte conmigo.

A mi hermosa familia: A mis tías, tíos, primas, primos, abuelas y abuelo, que me han hecho sentir querida siempre y me han acompañado en cada momento especial. Son la mejor familia, los quiero.

A mi dieguito, no pudiste llegar en mejor momento.

A mis queridos amigos: Chucho y Dani, han estado en las buenas y en las malas; los graduandos Orlando T y Orlando R, juntos logramos culminar esta etapa y con éxito!!

A mi compañero de tesis, Fernando, me apoyaste cuando te necesite, no lo hubiera logrado sin tu ayuda. Aprendí contigo y de ti, gracias.

A mi tutor, el Ing. José de Jesús Gaspar, por la confianza y ayuda, por compartir sus valiosos consejos, tanto profesionales como humanos. Gracias por todo, lo considero una excelente persona y amigo.

Al Ing. Roberto Savelli, siempre dispuesto a tender la mano, como profesor y como amigo.

A Dios, por llenar mi vida de personas tan maravillosas, de las que cada día aprendo algo nuevo y las que me han llevado a ser lo que soy.

A la Universidad Central de Venezuela, por ser mi segunda casa durante 5,5 años, por brindarme la oportunidad de ser una profesional y hacerme sentir el inmenso orgullo de ser ucvista.

Genis Vivancos Lazo

RECONOCIMIENTO

Al Prof. José de Jesús Gaspar por ser tan comprensivo, colaborador, paciente y compartir sus conocimientos con nosotros.

Al Prof. Roberto Savelli por estar siempre pendiente y dispuesto a ayudar.

Al Prof. David Pérez Hernández por su ayuda en la salida de campo y su constante instrucción.

Al Prof. Francisco Obregón por todo el tiempo y la dedicación que invirtió al comienzo de esta investigación.

Al Técnico Javier Álvarez por su desinteresada colaboración para el recaudo de información básica.

Al Ing. Bartolo Castellanos por su instrucción en el manejo de los equipos y ayuda en la realización de la batimetría.

A Nancy Lazo y William Parra por toda la ayuda, colaboración y apoyo logístico en el trabajo de campo.

Al Instituto de Mecánica de los Fluidos por prestar los equipos para la realización de la batimetría.

A la Prof. Yuri Medina por facilitarnos y ayudarnos tanto en la carrera como en el desarrollo del trabajo especial de grado.

A la Prof. Jimena Arcaya por siempre estar pendiente de nosotros y de la evolución de la investigación.

Al Prof. Francisco Vivancos y al Prof. Carlos Castro por su apoyo en toda la carrera y valiosa colaboración en la revisión de la redacción del trabajo.

A la abogada Vanessa Morales y a la Prof. María Itriago por su valiosa colaboración en la revisión de la redacción del trabajo.

**Castro O, Fernando J
Vivancos L, Genis**

ESTUDIO DE SEDIMENTACIÓN DEL EMBALSE GUANAPITO. POSIBLES SOLUCIONES

Tutor Académico: Prof. José de Jesús Gaspar.

**Trabajo Especial de Grado. Caracas, U. C. V. Facultad de Ingeniería.
Escuela de Ingeniería Civil (Hidráulica). 2007, 207 Pág. (doscientas siete
páginas).**

Palabras Clave: Sedimentación, Capacidad, Cuenca, Batimetría.

Resumen: Obligados por la necesidad de tener una fuente segura de agua, la humanidad ha desarrollado diversos medios para su acumulación, entre estos los embalses. Los embalses se producen al intervenir un curso de agua, y por la misma razón no solo se retienen las aguas, también se retiene cualquier material que ella transporte. Por las crecientes y desmedidas intervenciones de las cuencas, los ríos están aumentando la cantidad de material transportado, lo que afecta directamente a los embalses disminuyendo su capacidad. El propósito de esta investigación fue evaluar el estado real de la cuenca contribuyente y de las estructuras constitutivas del embalse Guanapito, estimar la altura real de sedimentos en las cercanías de la obra de toma y el rendimiento garantizado actual del embalse, pronosticar el rendimiento garantizado y plantear posibles soluciones. Para cumplir con los objetivos planteados se realizó una inspección visual de la cuenca y de las estructuras del embalse, se realizó un estudio

hidrológico básico de la cuenca, se ejecuto una batimetría y se utilizaron los métodos de distribución de sedimentos reducción empírica de áreas y área incremental para estimar el nivel de sedimento, se generaron a partir de los registros de nivel de agua, la extracción y otros parámetros, los aportes del Río Orituco al embalse, se hizo un movimiento de embalse para calcular el rendimiento.

La cuenca se encuentra altamente intervenida de manera desordenada e irresponsable. Se observó un aumento drástico de la producción específica de sedimentos desde los inicios del embalse y por esta razón una pérdida de la capacidad útil del mismo. Las estructuras constitutivas del embalse en general se encuentran en buen estado. La capacidad de almacenamiento del embalse se ha reducido en 25%, sin tomar en cuenta el volumen perdido por formación de deltas en la cola del embalse.

Según la distribución de sedimentos, reducción empírica de áreas para embalses tipo II, el sedimento alcanzará el nivel de la obra de toma en el año 2033, lo que implica una vida útil restante de 26 años, 30 años menos que lo proyectado. Se plantearon entre las posibles soluciones el tratamiento recuperativo de la cuenca contribuyente conjuntamente con: dragado del fondo del embalse, elevación de la presa y aliviadero o modificación de la obra de toma.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	V
RECONOCIMIENTOS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
LISTA DE TABLAS.....	XV
LISTA DE GRÁFICOS/FIGURAS.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO 1

FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.2. MARCO REFERENCIAL.....	6
1.3. OBJETIVOS.....	8
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	8
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	8

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. Embalses.....	10
2.1.1. <i>Niveles característicos en un embalse</i>	11
2.1.2. <i>Volúmenes característicos de un embalse</i>	12
2.1.3. <i>Caudales característicos de un embalse</i>	13
2.1.4. <i>Influencias de los embalses sobre su entorno</i>	13
2.1.5. <i>Usos de los embalses</i>	14
2.1.6. <i>Obras constitutivas de un embalse</i>	15
2.2. Embalse Guanapito.....	17

2.3. Erosión.....	19
2.3.1 <i>Causas de la erosión</i>	20
2.3.2. <i>Efectos de la erosión</i>	21
2.4. Sedimentación.....	22
2.5. Estimaciones basadas en levantamientos batimétricos del embalse.....	26
2.6. Batimetría.....	27
2.7. Métodos para la distribución de sedimentos.....	30
2.7.1. <i>Método del área incremental</i>	30
2.7.2. <i>Método de la reducción empírica de áreas</i>	33
2.8. Rendimiento garantizado.....	38
2.9. Técnicas para la recuperación y prevención de la sedimentación.....	39
2.9.1. <i>Tratamiento de la cuenca contribuyente al embalse</i>	39
2.9.2. <i>Dragado</i>	42
2.9.3. <i>Método español (Flushing)</i>	45
2.9.4. <i>Captación de corrientes de turbiedad</i>	46
2.9.5. <i>Dragado hidráulico</i>	48

CAPITULO 3

MÉTODO.....	50
3.1. Caracterización de la Cuenca contribuyente.....	50
3.1.1. <i>Levantamiento en campo</i>	50
3.1.2. <i>Caracterización climatológica</i>	51
3.1.2.1. Precipitación media anual.....	52
3.1.2.2. Duración típica de las tormentas.....	52
3.1.2.3. Patrón modal de precipitación.....	52
3.1.2.4. Patrón modal de vientos.....	53

3.2. Diagnostico del estado actual de las estructuras constitutivas del Embalse Guanapito.....	53
3.3. Estimación de la altura de sedimentos en la torre toma.....	54
3.3.1. <i>Batimetría</i>	54
3.3.1.1. Trabajo de campo.....	54
3.3.1.2. Procesamiento de los datos.....	54
3.3.2. <i>Producción específica de sedimentos</i>	57
3.3.3. <i>Pronóstico de volumen de sedimentos</i>	58
3.3.2. <i>Distribución de sedimentos</i>	58
3.3.2.1. Método del área incremental.....	58
3.3.2.2. Método de reducción empírica de áreas.....	59
3.4. Rendimiento garantizado del embalse.....	59
3.4.1. <i>Generación de aportes del río</i>	59
3.4.1.1. Registros conocidos.....	59
3.4.1.2. Hipótesis.....	60
3.4.1.3. Cálculos.....	60
3.4.2. <i>Movimiento de embalse</i>	62
3.4.2.1. Datos.....	62
3.4.2.2. Hipótesis.....	62
3.4.2.3. Cálculos.....	63

CAPITULO 4

RESULTADOS Y ANALISIS.....	67
4.1. Cuenca del Río Orituco y cuenca contribuyente del Embalse Guanapito.....	67
4.1.1. <i>Geología</i>	70
4.1.2. <i>Geomorfología</i>	71

4.1.3. Caracterización climatológica de la cuenca.....	71
4.1.3.1. Precipitación media anual.....	74
4.1.3.2. Duración típica de las tormentas.....	75
4.1.3.3. Patrón modal de precipitación.....	77
4.1.3.4. Patrón modal de vientos.....	78
4.1.4. Estado actual de la Cuenca.....	79
4.2. Estado actual de las estructuras constitutivas del embalse....	90
4.2.1. Aliviadero.....	91
4.2.2. Presa.....	100
4.2.3. Tubería de aducción de aguas del embalse.....	105
4.3. Estimación de la altura de sedimentos en la torre toma.....	106
4.3.1. Batimetría.....	106
4.3.2. Producción específica de sedimentos (P.E.S).....	112
4.3.3. Pronóstico de volumen de sedimentos.....	113
4.3.4. Distribución de sedimentos.....	114
4.3.4.1. Método del área incremental.....	114
4.3.4.2. Método de reducción empírica de áreas....	117
4.4. Rendimiento garantizado del embalse.....	122
4.4.1. Generación de aportes del río.....	122
4.4.2. Movimiento de embalse.....	123
4.4.2.1. Actual.....	123
4.4.2.2. A futuro.....	125
4.5. Posibles soluciones.....	126
4.5.1. Tratamiento de la cuenca.....	127
4.5.2. Dragado del vaso de almacenamiento.....	127
4.5.2.1. Inconvenientes en la técnica de dragado..	130
4.5.3. Sobre elevación de la cresta del embalse.....	131
4.5.3.1. Sobre elevación de la cresta de la presa...	131

4.5.3.2. Elevación de la obra de toma.....	132
4.5.3.3. Elevación del aliviadero.....	134

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	136
5.1. CONCLUSIONES.....	137
5.2. RECOMENDACIONES.....	140

BIBLIOGRAFIA.....	142
--------------------------	------------

ANEXOS.....	143
--------------------	------------

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valores de m para cada clasificación de embalses según la distribución de sedimentos por reducción empírica de áreas.....	33
Tabla 2. Constantes características para cada clasificación de embalses según la distribución de sedimentos por reducción empírica de áreas.....	36
Tabla 3. Estaciones climatológicas usadas para la caracterización de la cuenca.....	72
Tabla 4. Precipitaciones medias anuales.....	74
Tabla 5. Precipitación máxima horaria.....	75
Tabla 6. Porcentaje de ocurrencia de lluvias horarias.....	75
Tabla 7. Precipitación media mensual de cada estación climatológica.....	77
Tabla 8. Vientos mensuales en estación Guanapito.....	78
Tabla 9. Datos altura – área - capacidad de la batimetría realizada en 2006.....	108
Tabla 10. Alturas al pie de presa, ho.....	110
Tabla 11. Capacidades a la altura 435 m.s.n.m.....	111
Tabla 12. Volumen acumulado de sedimento, producto de la resta de la capacidad original menos las capacidades de las batimetrías.....	111
Tabla 13. Producciones específicas de sedimentos.....	112
Tabla 14. Pronósticos de volúmenes de sedimentos.....	113
Tabla 15. Altura del sedimento en la torre toma según área incremental.....	116
Tabla 16. Altura del sedimento en la torre toma, cuadro comparativo para año 2006.....	119
Tabla 17. Cuadro comparativo entre resultados de batimetrías y de distribución de sedimentos.....	122
Tabla 18. Altura del sedimento en la torre toma, cuadro comparativo para año 2007.....	123
Tabla 19. Caudal y volumen garantizado actual.....	123
Tabla 20. Caudales y volúmenes garantizados.....	125

LISTA DE GRÁFICOS/FIGURAS

Gráficos

Gráfico 1. Precipitaciones medias anuales para cada estación climatológica.....	74
Gráfico 2. Curva de masa de precipitación horaria de cada estación climatológica.....	76
Gráfico 3. Histograma de precipitación de cada estación climatológica.....	77
Gráfico 4. Velocidades de los vientos en la estación Guanapito.....	79
Gráfico 5. Comparación de las curvas altura – capacidad del embalse Guanapito desde su construcción.....	107
Gráfico 6. Sedimentación a través de los años en el Embalse Guanapito.....	112
Gráfico 7. Comparación de resultados de batimetría y distribución de sedimentos por área incremental para el año 2006.....	115
Gráfico 8. Curvas alturas – capacidades obtenidas por distribución de sedimentos, área incremental.....	116
Gráfico 9. Curvas altura – capacidad original en papel log – log.....	117
Gráfico 10. Curvas altura – capacidad de batimetría 2006 y obtenidas de distribución de sedimentos por reducción empírica de áreas para embalses tipo II y III.....	118
Gráfico 11. Curvas altura – capacidad según la distribución por reducción empírica de áreas para embalses tipo II.....	120
Gráfico 12. Curvas altura – capacidad por distintos métodos.....	121
Gráfico 13. Movimiento de embalse para el año 2007.....	124
Gráfico 14. Rendimiento garantizado actual y futuro.....	126

Figuras

Figura 1. Efectos de lluvias intensas en suelos fáciles de erosionar por no tener cobertura vegetal. (Tomado de: “Sedimentación en embalses”. Gaspar, J., pág. 15).....	22
Figura 2. En esta figura se muestra una cuenca contribuyente a un cauce de agua, en la parte superior se observa lvegetación tupida y en contarste en la parte inferior una zona totalmente deforestada y vulnerable ala erosión y arrastre de sedimentos. La foto corresponde a la cuenca alta del río Ocumarito, en el Estado Miranda. (Tomado de: “Sedimentación en embalses”. Gaspar, J., pág. 16).....	23
Figura 3. Esquema representativo de batimetría. (Tomado de: http://www.clubdelamar.org/batimetria.htm . [Consulta: 2006, Abril 20]).....	28

Figura 4. Carta batimétrica. (Tomado de: http://www.clubdelamar.org/batimetria.htm . [Consulta: 2006, Abril 20]).....	29
Figura 5. Ilustración de cada uno de los elementos de la ecuación de distribución de sedimentos por el método del área incremental. (Tomado de: “Sedimentación en embalses”. Gaspar, J., pág. 47).....	31
Figura 6. Clasificación de embalses mediante la relación profundidad – capacidad. (Tomada de: “Estudio del Embalse La Mariposa”, Raide, J., pág. 91).....	34
Figura 7. Esquema para la explicación del método de la reducción empírica de áreas. (Tomado de: “Sedimentación en embalses”. Gaspar, J., pág. 49).....	38
Figura 8. Perfil de un terreno en el cual se han introducido en las zonas de mayores pendientes, franjas de gramíneas para proteger el suelo de la erosión. (Tomado de: “Sedimentación en embalses”. Gaspar, J., pág. 66).....	41
Figura 9. Control de la erosión en suelos fáciles de erosionar, mediante pequeños muros de roca, que al retener la humedad, facilitan el desarrollo de plantas autóctonas. Al fondo en la colina, se aprecian terracedos hechos para reforestar. (Tomado de: “Sedimentación en embalses”. Gaspar, J., pág. 66).....	42
Figura 10. Draga con tolva operando en la profundización de una canal navegable. (Tomado de: http://es.wikipedia.org/wiki/Draga . [Consulta: 2007, Mayo 27].....	44
Figura 11. Draga con tolva continua, en el puerto de Puno. (Tomado de: http://es.wikipedia.org/wiki/Draga . [Consulta: 2007, Mayo 27].....	44
Figura 12. Draga de cuchara. (Tomado de: http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia 3/067/htm/sec_9.htm . [Consulta: 2007, Mayo 27].....	44
Figura 13. Mapa con las divisiones de la Cuenca Contribuyente al Embalse Guanapito. (Fuente propia).....	69
Figura 14. Cuenca del Río Orituco. Gráfico de estaciones climatológicas. (Mapa tomado de: material proporcionado por el Ing. Francisco Obregón para la materia Hidrología Aplicada).....	73
Figura 15. Falla de borde en la vía. Parque nacional Guatopo. (Fuente propia).....	80
Figura 16. Foto satelital de la cuenca contribuyente al Embalse Guanapito. (Fuente: Proyecto Río Orituco, Altagracia de Orituco).....	81
Figura 17. Deforestación de la cuenca del río Orituco. Se nota claramente la presencia de cárcavas y pérdida del suelo. (Fuente: Proyecto Río Orituco, Altagracia de Orituco).....	82
Figura 18. Panorámica de la cuenca. Se observa los sembradíos y zonas dispuestas para actividades agrícolas. (Fuente: Proyecto Río Orituco, Altagracia de Orituco).....	83
Figura 19. La actividad ganadera de la zona adyacente al río. (Fuente: Proyecto Río Orituco, Altagracia de Orituco).....	84

Figura 20. Panorámica del estado actual de toda la zona adyacente al embalse Guanapito. (Fuente: Proyecto Río Orituco, Altagracia de Orituco).....	85
Figura 21. Zona de la cuenca contribuyente deforestada por la quema. Dicha zona fue previamente deforestada y es sometida anualmente a la acción de fuego (Fuente: Proyecto Río Orituco, Altagracia de Orituco).....	86
Figura 22. Detalle de la zona. (Fuente: Proyecto Río Orituco, Altagracia de Orituco).....	87
Figura 23. Cárcava encontrada en las adyacencias al río Orituco. Se observa el suelo suelto, que al llegar las lluvias es arrastrado fácilmente hacia los cursos de agua. (Fuente: Proyecto Río Orituco, Altagracia de Orituco).....	88
Figura 24. Vista aguas abajo de otra cárcava adyacente a la vía de acceso al embalse. Se observa en la parte superior de la foto la vía de acceso. En periodos de lluvia se supone que todos estos sedimentos bajan hasta la vialidad y bloquean el tránsito. (Fuente: Proyecto Río Orituco, Altagracia de Orituco).....	89
Figura 25. Configuración del sistema Aliviadero – Presa. (Fuente propia).....	90
Fig. 26. Vista aguas arriba de las compuertas del aliviadero. (Fuente propia).....	92
Figura 27. Detalle de la maquinaria controladora de las compuertas y rampa de acceso al embalse Guanapito. (Fuente propia).....	93
Figura 28. Vista aguas abajo del aliviadero, foto tomada desde la parte interna del embalse. (Fuente propia).....	94
Figura 29. Detalle de las compuertas en la parte interna del embalse. (Fuente propia).....	95
Figura 30. Acercamiento a una de las fallas en las zonas aledañas a las compuertas. Llama la atención que este defecto de vaciado no fue corregido en su momento. (Fuente propia).....	96
Figura 31. Acercamiento a una de las fallas en las zonas aledañas a las compuertas. (Fuente propia).....	96
Figura 32. Vista aguas abajo de las compuertas, donde se observa el inicio del rápido de descarga y al fondo el pozo disipador. (Fuente propia).....	97
Figura 33. Foto del rápido, zonas aledañas y pozo disipador en la parte inferior. (Fuente propia).....	98
Figura 34. Foto del rápido en funcionamiento y pozo disipador cumpliendo su función. (Tomado de Orituco.com, [Consulta: 2007, Febrero, 03]).....	98
Figura 35. Detalle de la superficie del rápido. Muestra el desgaste del concreto y a su vez el desgaste de las juntas entre las placas que conforman el rápido, esto es consecuencia de las altas velocidades que alcanza el flujo en el rápido. (Fuente propia).....	99
Figura 36. Panorámica de la presa aguas abajo de la misma. (Fuente propia).....	100
Figura 37. Detalle del enrocado aguas abajo de la presa y vegetación presente en la misma. (Fuente propia).....	101
Figura 38. Vía de acceso a zonas aledañas al embalse en la cresta de la presa. (Fuente propia).....	102

Figura 39. Talud aguas arriba de la presa. (Fuente propia).....	103
Figura 40. Vista lateral del talud aguas arriba de la presa. (Fuente propia).....	104
Figura 41. Tubería de aducción oxidadas. (Fuente propia).....	105
Figura 42. Concreto de soporte de tubería deteriorado. (Fuente propia).....	105
Figura 43. Transectas de batimetría 2006.....	106
Figura 44. Isóbatas del Embalse Guanapito, obtenidas de batimetría 2006.....	107
Figura 45. Modelo tridimensional del Embalse Guanapito, obtenidas de batimetría 2006.....	108
Figura 46. Ejemplo de sobre elevación del terraplén de presa con núcleo inclinado hacia aguas arriba y con núcleo central. (Gaspar, 2002).....	132
Figura 47. Estructura anexa con dispositivo móvil para funcionar como descarga de fondo. El gato hidráulico mediante el vástago, desplaza la tubería interna para abrir o cerrar las descargas de fondo. (Gaspar, 2002).....	134

INTRODUCCIÓN

El embalse Guanapito está ubicado en el estado Guárico, específicamente en las cercanías del parque Nacional Guatopo, a diez kilómetros al Norte de la población de Altagracia de Orituco. Dicho embalse fue proyectado y construido por el Ministerio de Obras Públicas (M.O.P) entre los años 1959 y 1963.

El M.O.P construyó el embalse para dotar de agua a los desarrollos agrícolas ya existentes y en crecimiento además para mejorar el abastecimiento de agua a Altagracia de Orituco y zonas aledañas. Este embalse generó un gran crecimiento de la actividad agrícola en las vegas del río Orituco, se incrementaron los cultivos de tomate, tabaco, cebolla, etc.

El embalse Guanapito se creó interceptando el río Orituco. A este río se le incorporan dos quebradas intermitentes, Qda. Guanape y Qda. De Quere. Anteriormente existía una población al margen de la Qda. Guanape llamada "Guanape" dicha población fue expropiada por encontrarse en la planicie de inundación del embalse.

Constituye la única fuente de abastecimiento de agua potable de la población de Altagracia de Orituco y Lezama; además de abastecer de agua para riego a la zona agricultora aguas abajo del embalse.

El embalse es operado por el Ministerio de Ambiente, la operación se basa principalmente en la regulación de los niveles en período de lluvias. También el Ministerio hace mantenimiento de las obras constitutivas y regula los caudales entregados al acueducto y zona de riego.

Al pasar de los años se ha visto con gravedad la intervención de la cuenca contribuyente, se han implantado actividades agrícolas y ganaderas de manera irresponsable en laderas de gran pendiente, originalmente cubiertas con bosque, causando de esta forma una deforestación de un 80 % de toda la cuenca. Como secuela de lo anterior, el suelo ha quedado sin recubrimiento vegetal, originando una producción de sedimentos a gran escala. Y como consecuencia de esta acción, un aumento del aporte de sedimentos del río Orituco y cursos menores, teniendo como destino final el depósito de estos sedimentos en el vaso de almacenamiento del embalse. Este depósito es la causa principal de la reducción del volumen útil de Guanapito.

Este trabajo tiene como principal objetivo, evaluar las condiciones actuales del embalse y su sedimentación. Contando para ello con la realización de una batimetría, obtención de datos en campo y proyecciones a futuro del rendimiento del embalse. Por último se plantearán las posibles soluciones para alargar la vida útil de Guanapito y garantizar su beneficio a toda la población de Altagracia de Orituco.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Un embalse es un estanque destinado al almacenamiento de los aportes de todos los cursos de agua que descargan en él. Mediante las obras de embalse se puede regular el caudal para ser utilizado acorde a las necesidades de las poblaciones adyacentes, como lo son abastecimiento de agua potable, riego, control de crecientes y generación de electricidad.

Como resultado de procesos naturales y de la acción del hombre todos los ríos arrastran sedimentos. Estos sedimentos constituyen parte importante en el desarrollo del curso de agua, lo modifican creando playas, conos de deyección y finalmente, los deltas, en las desembocaduras al mar y a los lagos.

Al interferir el curso de agua con una presa se forma un embalse y obligatoriamente se retienen los sedimentos causando la modificación del cauce aguas abajo de la presa. Los sedimentos retenidos no son fáciles de remover y se incrementan progresivamente.

Este efecto causará una disminución del volumen del embalse, restándole capacidad útil para regular los aportes del curso de agua y reduciendo a lo largo del tiempo el caudal garantizado que dicho embalse aporta a sus beneficiarios.

El embalse Guanapito ubicado en el Estado Guárico, inició sus operaciones en el año 1963 y regula los aportes del Río Orituco. Es la principal fuente para abastecer de agua potable a la población de Altagracia de Orituco, Lezama, San Rafael y permite el riego de terrenos aledaños.

Desde el inicio del funcionamiento del embalse, se hizo más intensa la intervención de la cuenca, lo cual resulta bastante visible por la gran cantidad de cárcavas, daños a la vialidad y tierras agrícolas.

La capacidad del embalse, como consecuencia de estos aportes de sedimentos, se ha reducido al punto que la batimetría hecha en el año 1995 por la Alcaldía del Distrito Monagas del Estado Guárico (cuando el embalse tenía 32 años de servicio) mostró una reducción de la vida útil en el orden de 19%.

El gran aporte de sedimento que se ha mantenido en forma continua en los últimos años y el deterioro de la calidad de las aguas succionadas del embalse, hace necesaria una nueva evaluación del nivel normal y demás estructuras del embalse.

Debido a la importancia del embalse Guanapito, abastecedor de agua para demanda urbana y riego, las actuales condiciones exigen la propuesta de posibles soluciones para garantizar a futuro su óptimo funcionamiento.

Todas estas circunstancias inducen las siguientes preguntas:

- ¿Cómo afecta la intervención de la cuenca al embalse?
- ¿En cuanto se ha reducido la capacidad de almacenamiento del embalse a raíz de la sedimentación?
- ¿En qué condiciones se encuentran las estructuras constitutivas del embalse actualmente?
- ¿Cómo cambiaría con el tiempo el rendimiento del embalse?
- ¿Cuál es la vida útil del embalse?
- ¿Qué acciones correctivas pueden plantearse para alargar la vida útil del embalse?

1.2. MARCO REFERENCIAL

Entre las investigaciones más relevantes que se han realizado sobre la problemática tratada encontramos:

Arroyo (1971), Realizó una compilación de textos, en el cual se explica el problema de sedimentación de los embalses y como se distribuyen los sedimentos una vez que entran en el vaso de almacenamiento. Arroyo enuncia que las partículas al entrar al embalse, acarreados por las corrientes fluviales, están sometidas a la acción de una componente horizontal de la fuerza que ejerce el agua sobre la partícula en la dirección del escurrimiento y una fuerza vertical debida a la gravedad. Por ultimo expone que los sedimentos no se depositan en el fondo del embalse, sino que se distribuyen en todos los niveles comprendidos dentro del vaso de almacenamiento.

Gaspar (2002), Hace un estudio de la situación actual de los embalses en Venezuela. Analiza las principales causas de sedimentación de ellos, de cómo la actividad del hombre en la cuenca contribuyente impacta directamente en la sedimentación de las obras de embalse. También explica detalladamente los diferentes métodos numéricos que existen para predecir el movimiento de las partículas de sedimentos una vez que son captados por el vaso de almacenamiento y de cómo es su deposición y distribución. Luego de nombrar los diferentes métodos, hace un listado de posibles soluciones para mejorar el problema de la sedimentación de los embalses en Venezuela, entre las posibles soluciones están el tratamiento de la cuenca, captación de las corrientes de turbiedad, dragado del vaso de almacenamiento y sobre elevación de la presa y de la obra de toma. Para finalizar el Ing. Gaspar hace un resumen del estado actual de todos los embalse de Venezuela, contando para ello con estudios,

batimetrías realizadas, datos de los proyectos originales e inspecciones a los sitios de ubicación de cada obra de embalse.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. General:

Evaluar las condiciones actuales de sedimentación acumulada en el embalse Guanapito ubicado en el Distrito Monagas del Estado Guárico, Venezuela.

1.3.2. Específicos:

- 1.3.2.1. Caracterizar las condiciones actuales de la cuenca del Río Orituco.
- 1.3.2.2. Diagnosticar el estado actual de las estructuras constitutivas del embalse.
- 1.3.2.3. Estimar la altura actual de sedimentos en la toma de agua del embalse Guanapito.
- 1.3.2.4. Estimar el rendimiento garantizado del embalse en las condiciones actuales de sedimentación.
- 1.3.2.5. Pronosticar el rendimiento garantizado del embalse.
- 1.3.2.6. Plantear las posibles soluciones para extender la vida útil del embalse.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

MARCO TEÓRICO

2.1. Embalses

El embalse se forma en el lecho de un río o arroyo cuando, con algún medio físico, se cierra parcialmente o totalmente su cauce.

La obstrucción del cauce puede darse por medios naturales, como por ejemplo el derrumbe de una ladera en un tramo estrecho del río o arroyo, por acumulación de placas de hielo, por construcciones hechas por los castores o por obras construidas por el hombre para tal fin, como son las presas.

Los embalses construidos por el hombre mediante presas pueden tener la finalidad de:

Regularizar el caudal de un río o arroyo, almacenando el agua de los períodos húmedos para utilizarlos durante los períodos más secos para el riego, para el abastecimiento de agua potable, para la generación de energía eléctrica, para permitir la navegación o para diluir poluentes. Cuando un embalse tiene más de un fin, se le llama de usos múltiples, como pueden ser amortiguar los picos de las avenidas o crecidas, crear una diferencia de nivel para generar energía eléctrica, mediante una central hidroeléctrica y crear espacios para esparcimiento y deportes acuáticos.

Las características físicas principales de un embalse son el caudal regulado, dimensión del vaso de almacenamiento, altura de la presa, relación de volumen almacenado con altura y variación de los niveles de agua.

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

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

El *caudal regulado* es quizás la característica más importante de los embalses destinados justamente a regularizar, a lo largo del día, del año, o incluso periodos plurianuales, el caudal que puede ser retirado en forma continua para el uso para el cual se ha destinado el embalse. [6].

2.1.1. Niveles característicos en un embalse

En todo embalse es necesario definir niveles de agua vinculados a sus dimensiones y operación, pudiendo variar de acuerdo a la función que presta el embalse. En un embalse destinado a la regulación de un caudal, que debe proporcionar agua para acueducto, riego o simplemente control de crecientes, se distinguen, tradicionalmente los siguientes niveles:

- *Nivel de aguas muertas o Nivel mínimo (N.A.M)*: es el nivel mínimo que puede alcanzar el embalse, coincide con el nivel mínimo de la toma situada en la menor cota. Por debajo de este nivel no se estipula extracción alguna. Es el nivel que alcanzan las aguas de un embalse al término de su vida útil.
-

- *Nivel de aguas normales (N.A.N):* es el mayor nivel que alcanza el embalse sin que sea necesario aliviar, también es conocido como nivel de vertedero, por tener la misma cota de la cresta del aliviadero.
-
- *Nivel de aguas máximas:* en este nivel ya la prioridad absoluta es la seguridad de la presa, ya que una ruptura sería catastrófica aguas abajo. Se mantiene el nivel a toda costa, el caudal descargado es igual al caudal que entra en el embalse.
-

Un embalse destinado a la generación e electricidad tiene otros niveles vinculados al funcionamiento de las turbinas, entre estos niveles encontramos el nivel máximo de operación y nivel mínimo de operación.

2.1.2. Volúmenes característicos de un embalse.

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

- *Volumen muerto (V_o),* definido como el volumen almacenado hasta alcanzar el nivel mínimo.
-
- *Volumen útil (V_u),* el comprendido entre el nivel mínimo o muerto y el nivel máximo operacional.
-
- *Volumen para el control de crecientes,* es el volumen comprendido entre el nivel de aguas máximas y el nivel de aguas normales. Este volumen como su nombre lo dice es utilizado para amortiguar crecientes.

2.1.3. Caudales característicos de un embalse

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

2.1.4. Influencias de los embalses sobre su entorno

Los embalses decididamente tienen una importante influencia en el entorno, algunas de estas influencias pueden ser consideradas positivas y otras pueden ser consideradas negativas.

Los embalses de grandes dimensiones agregan un peso muy importante al suelo de la zona, además de incrementar las infiltraciones. Estos dos factores juntos pueden provocar lo que se conoce como *sismos inducidos*. Son frecuentes durante los primeros años después del llenado del embalse. Si bien estos sismos inducidos son molestos, muy rara vez alcanzan intensidades que puedan causar daños serios a la población. [6].

Aguas arriba: Aguas arriba de un embalse, el nivel freático de los terrenos vecinos es modificado fuertemente, pudiendo traer consecuencias en la vegetación circunlacustre.

Aguas abajo: Los efectos de un embalse aguas abajo son de varios tipos; se pueden mencionar:

- Aumento de la capacidad de erosionar el lecho del río.
- Disminución de los caudales medios vertidos y, consecuente, facilidad para que actividades antrópicas ocupen parte del lecho mayor del río.
- Efectos en flora y fauna al alterarse las variaciones de caudales en el tiempo.
- Efectos dañinos a la fauna, al impedir el movimiento de peces y otras especies acuáticas hacia aguas arriba o aguas abajo.
- Efectos en la fauna acuática al alterar las temperaturas de las aguas.
- Posible producción de gases invernaderos por descomposición de materia orgánica dentro del cuerpo de agua.
- Reducción de playas de río por carencia de arrastre de sedimentos que quedarán retenidos en el embalse.

2.1.5. Usos de los embalses

Básicamente un embalse creado por una presa, que interrumpe el cauce natural de un río, pone a disposición del embalse un volumen de almacenamiento potencial que puede ser utilizado para múltiples fines, algunos de ellos complementarios y otros conflictivos entre sí, pone a disposición también un potencial energético derivado de la elevación del nivel del agua.

Se pueden distinguir los usos que para su maximización requieren que el embalse esté lo más lleno posible, garantizando un caudal regularizado mayor. Estos usos son la generación de energía eléctrica, el riego, el abastecimiento de agua potable o industrial, la dilución de poluentes. Por el contrario, para el control de avenidas el embalse será tanto más eficiente cuanto más vacío se encuentre en el momento en que recibe una avenida.

Embalse de usos múltiples

Muchos embalses modernos son diseñados para usos múltiples. En esos casos el operador del embalse debe establecer políticas de operación, que deben tener en cuenta:

- Prioridad de cada uno de los usos, asociado a la disponibilidad de otras alternativas técnica y económicamente factibles en el área. En general, el abastecimiento de agua potable tiene la prioridad más elevada.
- Limitaciones de caudal, máximo y mínimo, aguas abajo de la presa que soporta el embalse.

Entre algunos embalses de usos múltiples en Venezuela, podemos nombrar el embalse Cumaripa, Camatagua y Guanapito.

2.1.6. Obras constitutivas de un embalse

La necesidad de aprovechar el recurso agua fue obligando al hombre a idear nuevos conceptos y estrategias para optimizar el funcionamiento del embalse; de allí surgieron las partes u obras que debe tener un embalse como lo son el vaso de almacenamiento, la presa, tapones, tomas, descargas de fondo, aliviadero, obras de desvío y obras misceláneas.

- *El vaso de almacenamiento* es el espacio físico que va a ser ocupado por las aguas del embalse.

- *El sitio de presa* es una garganta estrecha en la topografía de la zona donde se planea hacer el embalse, cuyo cierre permite la formación del embalse.

- *La presa* es una estructura hidráulica que se construye con diversos materiales con la finalidad de bloquear el cauce de un río y crear un embalse para regular los escurrimientos de este o bien, para desviar sus aguas fuera de su cauce natural.

- *Las tomas* son las obras destinadas a permitir la extracción en forma regulada de las aguas del embalse, con el fin de satisfacer las demandas y controlar los excesos.

- *Las descargas de fondo* están destinadas a dos propósitos generales, evacuar sedimentos y facilitar el vaciado total del embalse en caso de emergencia.

- *Los aliviaderos* son aquellas estructuras hidráulicas destinadas a dar salida a los excedentes de agua del embalse, diferencias entre las disponibilidades brutas y netas; generalmente, los aliviaderos correspondientes están sometidos a algún tipo de control.

- *Las obras misceláneas* serían aquellas de diversa índole, como, por ejemplo, muelles para uso recreativo, estructura para facilitar el paso de peces y obras de protección contra la erosión.

- *Los tapones* son estructuras parecidas a las presas, se diferencian en que se construyen fuera de los lechos de los ríos. Su objetivo es, en algunos casos, cerrar los botaderos naturales de los vasos de almacenamiento. [2].

No todos los embalses poseen las obras señaladas, salvo las presas y aliviaderos que siempre son necesarias; por ejemplo, en un embalse exclusivamente para fines de protección, la toma puede no ser necesaria o bien en un embalse con aportes de un río con un largo periodo de verano con gastos nulos no se requerirá la obra de desvío. Para ilustrar éstas observaciones se tomará el embalse a estudiar, Embalse Guanapito, como ejemplo.

2.2. Embalse Guanapito

El embalse Guanapito está ubicado sobre el Río Orituco a 12 km de la población de Altagracia de Orituco en el Estado Guárico. Abastece de agua a las poblaciones de Altagracia de Orituco, San Rafael y Lezama, y al sistema de riego de 4.000 ha. Este embalse pertenece y es operado por el Ministerio del Ambiente (MINAMBIENTE)

La presa de este embalse se empezó a construir en Diciembre de 1960 y se terminó en Noviembre de 1963. Las características de la obra son:

A.- Presa:

A.1.- Tipo: Tierra zonificada.

A.2.- Altura máxima: 41,0 m.

A.3.- Cota de la cresta de la presa: 441 m.s.n.m.

A.4.- Longitud de la cresta: 207,0 m.

- A.5.- Ancho de la cresta: 8,0 m.
- A.6.- Volumen total: 547.000,0 m³.
- A.7.- Protección de talud aguas arriba: Enrocado.
- A.8.- Protección de talud aguas abajo: Enrocado.
- A.9.- Pendiente de talud aguas arriba: 2,5 H / 1 V.
- A.10.- Pendiente de talud aguas abajo: 2 H / 1 V.

B.- Embalse:

- B.1.- Volumen útil: 46,0 x 10⁶ m³.
- B.2.- Cota del nivel de aguas normales: 437,7 m.s.n.m.
- B.3.- Volumen nivel normal: 49,0 x 10⁶ m³.
- B.4.- Cota del nivel de aguas máximas: 439,5 m.s.n.m.
- B.5.- Volumen nivel máximo: 56,0 x 10⁶ m³.
- B.6.- Cota del nivel de aguas muertas: 411,8 m.s.n.m.
- B.7.- Área inundada nivel aguas normales: 330,0 Has.

C.- Obra de toma:

- C.1.- Tipo: Sumergida.
- C.2.- Compuertas de emergencia: 1.
- C.3.- Cámara de emergencia: 1.
- C.4.- Número de túneles: 1.
- C.5.- Diámetro de túnel: 2,20 m.
- C.6.- Longitud de túnel: 47,0 m.

D.- Aliviadero:

- D.1.- Tipo: Perfil – Creager, controlado por compuertas.
- D.2.- Número de compuertas: 2 radiales.
- D.3.- Capacidad (descarga) máxima: 240 m³/seg.

D.4.- Carga sobre la cresta: 4,50 m.

D.5.- Longitud del vertedero: 50,0 m.

E.- Rápido:

E.1.- Longitud: 40,0 m.

E.2.- Ancho: 11,7 a 20,0 m.

F.- Pozo amortiguador:

F.1.- Ancho: 20,0 m.

F.2.- Longitud: 32,0 m.

El comportamiento del embalse va a estar afectado por la dinámica de la cuenca contribuyente, que no es más que el área de terreno que por condiciones geográficas de drenaje abastece de agua al embalse. La cuenca contribuyente se puede ver afectada por agentes externos, ya sean naturales o por actividades humanas. [10].

2.3. Erosión

La erosión no es más que el resultado de la acción del agua sobre los suelos. Dando origen a los sedimentos arrastrados por el agua en quebradas y ríos hasta los lagos, embalses y el mismo mar. El material erosionado puede ser:

- Fragmentos de rocas creados por abrasión mecánica por la propia acción del viento, aguas superficiales, glaciales y expansión-contracción térmica por variaciones estacionales o diurnas.

- Suelos, los cuales son creados por la descomposición química de las rocas mediante la acción combinada de ácidos débiles disueltos en agua superficial y meteórica, hidrólisis, ácidos orgánicos, bacterias, acción de plantas, etc.

2.3.1 Causas de la erosión

Los agentes erosivos son más eficaces en función de qué tipo de tierra sea, la capa que la protege (hierbas, árboles, rocas, etc.), la cantidad de agua existente y el viento. Uno de los principales factores es el agua.

Uno de los tres primeros factores puede permanecer constante. En general depende de que tan resistente sea la capa vegetal, en las áreas de precipitación intensa, la arena se corroe por las cuestas y se va por las corrientes del agua. En las zonas donde se encuentre más arcilla la erosión será de menor intensidad. Como la capa protectora de vegetación protege a la tierra de la erosión, cuando esta se retira (ya sea por desastre natural o la construcción de cultivos, carreteras, etc.) el riesgo de erosión se hace grande, pues hay peligro de que, sin su capa protectora, la tierra se corra por las pendientes y las corrientes de agua.

Muchas actividades humanas retiran la capa protectora de vegetación, produciendo una erosión más acelerada. En los cambios de vegetación (como el paso de vegetación nativa a los cultivos) producen un aumento de la erosión produciendo que el suelo pierda sus nutrientes y sea infértil e inservible. También depende el tipo de vegetación que se encuentre en el lugar, por ejemplo, una zona sin árboles corre el mayor riesgo de erosionarse, debido a que el árbol absorbe el agua y en su ausencia el agua se va sin ser absorbida en su mayor parte y llevándose consigo la arena de la tierra. Además las hojas juegan

un papel importante en la erosión, por ejemplo, un arbusto grande con hojas abundantes protege más el suelo de la caída de las gotas. Las gotas al caer sobre una hoja se desbaratan y se dispersan en forma de gotas más pequeñas, por el contrario, al caer al suelo las gotas desbaratan el suelo por su efecto corrosivo (una de las propiedades más interesantes del agua). La vegetación controla también la velocidad de la corriente de agua, entre más juntas estén los tallos de las plantas la velocidad de la corriente del agua será menor. [6]

2.3.2. Efectos de la erosión

La erosión puede ocurrir en dos formas, como erosión laminar, en la cual la lluvia remueve pequeñas capas de suelo, algunas veces en forma no perceptible a la vista, pero notable al final de algunos años. La otra forma de erosión de los suelos, lo constituyen las cárcavas formadas por la inestabilidad de cursos de agua por aportes excesivos, esta inestabilidad tiene su origen en el incremento de los caudales pico de crecientes, que ocurre como resultado de las deforestaciones y condiciones de suelo favorables a la erosión.

El aporte de sedimentos de una cuenca hasta un determinado sitio de interés se mide en Ton/Km²/año o en otros casos en m³/Km²/ año es lo que se llama el módulo de producción de sedimentos o producción específica de sedimentos.

La producción de sedimentos de una cuenca, depende de:

- Pluviosidad
- Geología
- Cobertura vegetal
- Actividad humana
- Topografía

- Patrón del sistema de drenaje

No hay duda, de que a mayor pluviosidad mayor será la producción de sedimentos. En especial cuando se trata de la intensidad de la lluvia, sin embargo debe tenerse en cuenta que, en muchos casos, cuencas de alta pluviosidad, son cuencas con buena cobertura vegetal, es el caso por ejemplo del Parque Nacional de Guatopo. Mientras se mantiene la vegetación, el arrastre de sedimentos estará controlado, la vegetación reduce el efecto de las aguas en el suelo, facilita su infiltración con lo cual se reduce la erosión.



Figura 1. Efectos de lluvias intensas en suelos fáciles de erosionar por no tener cobertura vegetal. (Tomado de: "Sedimentación en embalses". Gaspar, J., pág. 15)



Figura 2. En esta figura se muestra una cuenca contribuyente a un cauce de agua, en la parte superior se observa lvegetación tupida y en contraste en la parte inferior una zona totalmente deforestada y vulnerable ala erosión y arrastre de sedimentos. La foto corresponde a la cuenca alta del río Ocumarito, en el Estado Miranda. (Tomado de: "Sedimentación en embalses". Gaspar, J., pág. 16)

Al interferir el curso de aguas con un almacenamiento, en forma inevitable son captados los sedimentos arrastrados por el río, en especial cuando se producen crecientes. [5].

2.4. Sedimentación

La *sedimentación* es el proceso por el cual, el material sólido producto de la erosión transportado por una corriente de agua, se deposita en el fondo del río, embalse, canal artificial, o dispositivo construido especialmente para tal fin. Toda corriente de agua, caracterizada por su caudal, tirante de agua, velocidad y forma de la sección tiene una capacidad de transportar material sólido en suspensión y como arrastre de fondo. El cambio de alguna de estas características de la corriente puede hacer que el material transportado se sedimente; o el material existente en el fondo o márgenes del cauce sea erosionado e incorporado a la corriente.

Por mucho tiempo se creyó que el sedimento se depositaba en el fondo del embalse en vez de distribuirse a todos los niveles comprendidos dentro del vaso de almacenamiento, de acuerdo al proceso de la sedimentación.

Cuando el escurrimiento con cierta concentración de sedimentos penetra en el embalse, el aumento en sección y perímetro determina una disminución de las velocidades, perdiéndose la capacidad de arrastre.

El material grueso se deposita en la cola del embalse formando un delta. El material fino forma corrientes de turbiedad que se mueven en el fondo del embalse pudiendo alcanzar la misma presa.

En la medida en que varía el nivel de aguas del embalse, el delta puede formarse hacia aguas arriba o hacia agua abajo. Al bajar el nivel de aguas evidentemente se erosiona el delta formado, extendiéndose un nuevo delta hacia aguas abajo.

Algunos de los factores que influyen sobre este patrón de sedimentos en embalses, son:

- 1.- Forma del embalse.
- 2.- Características del sedimento.
- 3.- Forma de operación del embalse.
- 4.- Relación volumen del embalse.- volumen de sedimentos.
- 5.- Relación entre el escurrimiento medio y la capacidad del embalse.

Otros factores tales como, contaminación por crecimiento de plantas en el delta, cantidad y situación particular de tributarios del embalse. Esta situación esta presenta en embalses poco comunes..

Los sedimentos tienen poca posibilidad de escapar del embalse, se almacenan como consecuencia de la disminución de la velocidad de las aguas al entrar al embalse. Reducen el volumen del embalse restándole capacidad para regular los aportes del río y reduciendo en el tiempo los beneficios que este aporta.

Finalmente, los sedimentos colmatarán el embalse y se perderá el sitio que por condiciones especiales de topografía, geología y aportes de agua permitió el emplazamiento de la obra.

La reducción del volumen útil en los embalses por lo general ha ocurrido en un tiempo menor al fijado como vida útil, esto tiene su origen en varios factores. Falta de adecuada atención al arrastre de sedimentos, carencia de datos confiables y el incremento imprevisto y difícil de evaluar del efecto de las actividades humanas, como malas prácticas agrícolas, deforestaciones, etc., hacen que año tras año sea mayor la cantidad de sedimentos arrastrados por los cursos de agua. (Gaspar, 2002).

La importancia de los embalses para el desarrollo humano y su colmatación temprana obliga a hacer estimaciones más precisas del aporte de sedimentos. Siendo las batimetrías el procedimiento tradicional.

2.5. Estimaciones basadas en levantamientos batimétricos del embalse

En la práctica, se puede estimar la reducción del volumen útil del embalse, obteniendo los valores anuales de producción de sedimentos de la cuenca a partir de evaluaciones de los volúmenes sedimentados anualmente. Estos datos se obtienen realizando levantamientos batimétricos sucesivos y estableciendo la producción de sedimentos de la cuenca.

Dividiendo los volúmenes obtenidos por el tiempo transcurrido entre levantamientos batimétricos obtendríamos el promedio anual de sedimentos depositados.

Luego, para pronosticar la cantidad de sedimentos a depositarse, se multiplica el promedio anual de sedimentos depositados por el tiempo a transcurrir.

Sin embargo no basta solamente con establecer el volumen de sedimentos que se depositará en un embalse, sino que es necesario determinar la forma en que este volumen se distribuye en el embalse para poder lograr una operación eficiente y económica del mismo.

Para determinar la forma precisa en que se distribuye el sedimento acumulado en el embalse, es necesario hacer batimetrías, las cuales aportan el dato más seguro en cuanto a sedimentación.

Conocido el volumen de sedimentos, se puede estimar a futuro el patrón de sedimentación del embalse utilizando métodos desarrollados en base a datos de campo. El más conocido es el de Reducción Empírica de Áreas, y basado en una hipótesis sencilla de sedimentación, el método de Áreas Incrementales.

A continuación se describen los distintos métodos.

2.6. Batimetría

La batimetría es el proceso a través del cual se mide, en diversos puntos, las profundidades de los cuerpos de agua para determinar la nueva topografía del fondo resultado de la sedimentación.

Las primeras técnicas usaban segmentos de longitud conocida de cable o cuerda pesada, descolgadas por el lateral de un barco. La mayor limitación de esta técnica es que mide la profundidad en un solo punto cada vez, por lo que es muy ineficiente. También es muy imprecisa, ya que está sujeta a los movimientos del barco, las mareas, y las corrientes que puedan afectar al cable.

Los datos usados hoy en día para la confección de mapas batimétricos provienen normalmente de un sónar montado bajo la quilla o en el lateral de un barco, lanzando una onda de sonido hacia el fondo acuático. La cantidad de tiempo que tarda el sonido en ir a través del agua, rebotar en el fondo y volver, informa al equipo de la profundidad real. Años atrás, se podía calcular la media de cada uno de los impulsos individuales de un sónar para confeccionar un mapa continuo en lugar de una medición de puntos. Hoy día se puede usar un sónar de barrido ancho, consistente en docenas de ondas simultáneas, muy estrechas y adyacentes entre sí, formando un abanico de entre 90 y 180 grados. [3] y [9].

El abanico de ondas sonoras formado por los sonares de barrido ancho permite una resolución y precisión muy altas. En general, aunque depende de la profundidad, permite a un barco cubrir mucha más superficie del fondo acuático que a base de mediciones individuales. Las ondas se actualizan muchas veces por segundo (normalmente de 1 a 40 Hz, dependiendo de la profundidad), lo que

permite al barco hacer pasadas mucho más rápidas, manteniendo una cobertura del fondo del 100%. Sensores adicionales corrigen la señal dependiendo de la inclinación y el movimiento del barco, y un girocompás proporciona información exacta de la dirección de la nave. Adicionalmente, un sistema GPS (Global Positioning System) puede especificar de forma exacta la posición del barco. Se emplean también mediciones exactas de la velocidad del sonido en el agua para calcular la refracción de las ondas de sonido al atravesar capas de agua con distinta temperatura, conductividad y presión. Un sistema informático procesa todos los datos, corrigiendo según cada uno de los factores, así como por el ángulo de cada rayo individual. Al final, mediante este conjunto masivo de datos se consigue generar un mapa de forma casi automática.

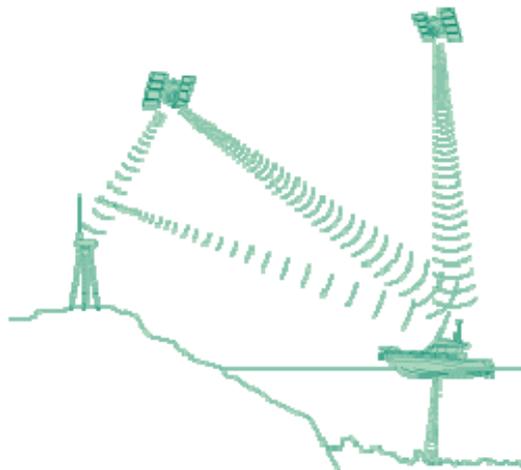


Figura 3. Esquema representativo de batimetría. (Tomado de: <http://www.clubdelamar.org/batimetria.htm>. [Consulta: 2006, Abril 20]).

Una Carta batimétrica es un mapa que representa la forma del fondo de un cuerpo de agua, normalmente por medio de líneas de profundidad, llamadas isobatas, como se muestra en la Figura 4. [4].

La isóbata es una curva que se utiliza para la representación cartográfica de los puntos de igual profundidad en un cuerpo de agua.

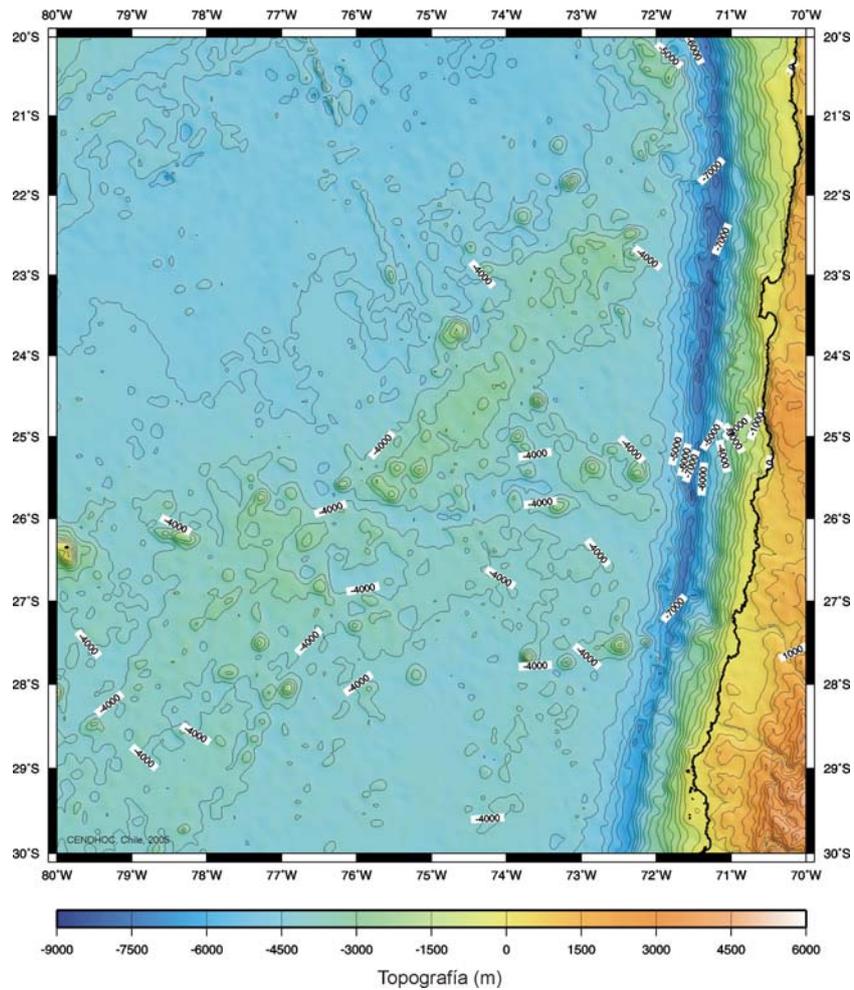


Figura 4. Carta batimétrica. (Tomado de: <http://www.clubdelamar.org/batimetria.htm>. [Consulta: 2006, Abril 20]).

2.7. Métodos para la distribución de sedimentos

2.7.1. Método del área incremental

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

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

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

$$V_s = V_o + A_o \times (H - h_o) \quad (\text{Ecuación 1})$$

En la cual:

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

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

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

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

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

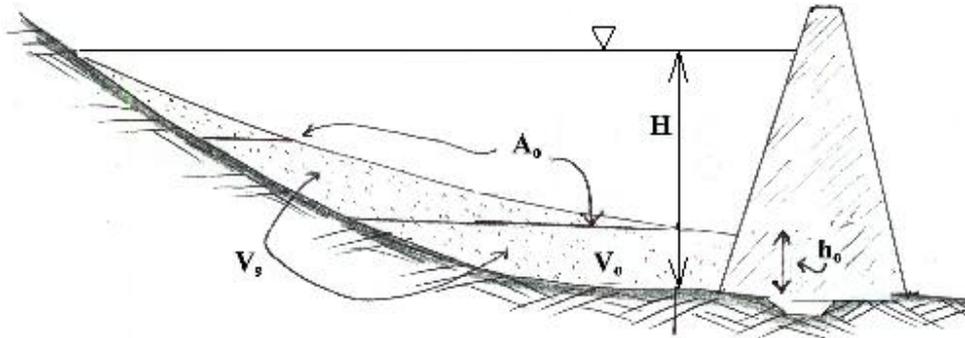


Figura 5. Ilustración de cada uno de los elementos de la ecuación de distribución de sedimentos por el método del área incremental. (Tomado de: "Sedimentación en embalses". Gaspar, J., pág. 47)

La ecuación 1 expresa matemáticamente lo siguiente: el volumen total de sedimentos, V_s , consiste de una porción que es uniformemente distribuida verticalmente sobre la altura $H - h_0$, mas la porción por debajo de la nueva elevación cero del embalse. [1]

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

- Se define el volumen total de sedimentos a repartir en el embalse, V_s , y la profundidad del embalse al pie de presa, H .
- Se supone un valor h_0 , altura de sedimentos al pie de la presa, con el que se leen A_0 y V_0 de las curvas de área capacidad del año base.
- Se sustituye en la ecuación 1 y se obtiene un valor V_s calculado, y se compara con V_s a repartir. Si aproximados el h_0 es la altura de sedimentos. Sino se harán tanteos sucesivos hasta que se cumpla.
- Para trazar la curva altura – área producto de la distribución el área es igual al área de la curva altura – área del año base para las alturas menores a h_0 e igual a A_0 para alturas mayores a h_0 .

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

$$V_{12} = \text{promedio}A_1A_2 * \text{distancia}A_1A_2 \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

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

A_1 : área 1

A_2 : área 2

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

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

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

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

El método de área incremental es solo una aproximación de la situación probable de los depósitos de sedimentos. Es bien conocido, que la sedimentación no reduce por igual las áreas del embalse en las diferentes elevaciones. Sin embargo, se han hecho comparaciones entre los resultados reales de los levantamientos batimétricos y se ha obtenido correspondencia adecuada en muchos casos.

Existen ciertas limitaciones para la aplicación de éste método: la aplicabilidad del método se reduce a medida que aumenta la relación volumen de sedimento acumulado – capacidad del embalse, la distribución dejara de ser adecuada si el

embalse se aparta mucho de las formas clásicas de embalses de llanura, cerro, lago, etc. [1]

2.7.2. Método de la reducción empírica de áreas

Este método fue inicialmente desarrollado en función del estudio y evaluación de datos procedentes de batimetrías correspondientes a 30 embalses ubicados en el medio oeste americano por el "U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS" y por el "U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR BUREAU OF RECLAMATION".

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

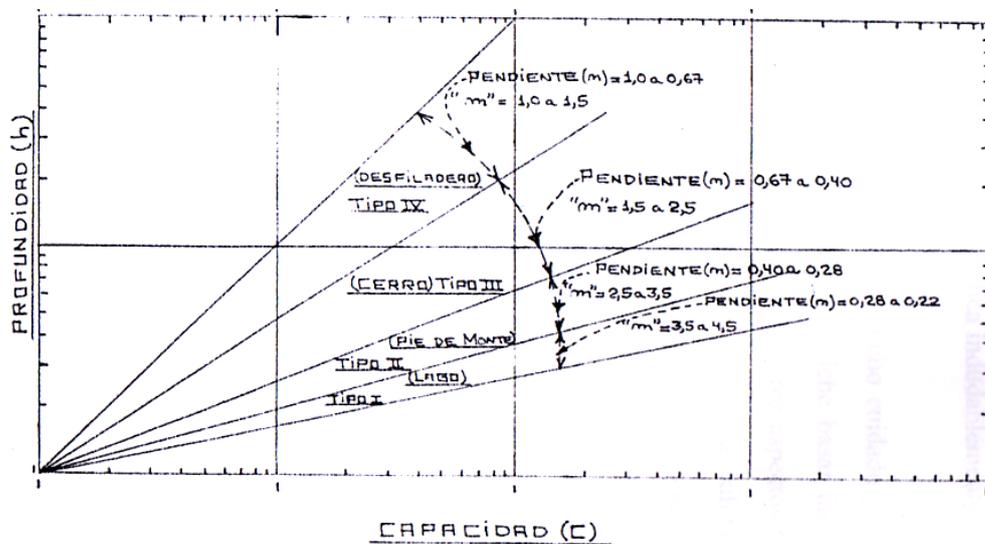
- Clasificar el embalse utilizando 4 curvas de tipo básico – Standard que fueron desarrolladas a partir de resultados actualizados de datos topográficos en embalses en proceso de sedimentación.
- Hacer un cálculo de aproximaciones sucesivas utilizando la fórmula del área promedio o trapezoidal hasta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

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

Tabla 1. Valores de m para cada clasificación de embalses según la distribución de sedimentos por reducción empírica de áreas.

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

El factor m es el inverso de la pendiente de la curva altura – área – capacidad graficada en papel log – log, es decir que las profundidades de la presa van en la ordenada y las capacidades del embalse en las abscisas con lo cual se limita a la recta: $\log V = \log K + \log h$. Las curvas Standard se encuentran en la figura 6.



CLASIFICACIÓN DE EMBALSES MEDIANTE LA RELACIÓN PROFUNDIDAD-CAPACIDAD.

Figura 6. Clasificación de embalses mediante la relación profundidad – capacidad. (Tomada de: "Estudio del Embalse La Mariposa", Raide, J., pág. 91).

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

Para aplicar la curva Standard a un embalse, es necesario determinar el tipo que se ajusta al embalse en cuestión, trazando la curva de capacidades iniciales contra profundidad en papel log – log, esto generalmente da una relación lineal o

en algunos casos dos rectas diferentes. La pendiente de la línea o líneas dan una indicación del tipo genérico. Generalmente una curva que indica un rápido aumento de la capacidad con la profundidad representa a un embalse grande del tipo lago, mientras que un pequeño aumento de la capacidad con la profundidad representa a un embalse tipo desfiladero.

Una vez elegido el tipo de curva que representa la deposición del sedimento el resto del procedimiento es matemático. La conversión de la curva tipo Standard de deposición, a las curvas de área de diseño (reducción de área) ha sido realizado por Moody aplicando la relación:

$$Ap = C \times p^m \times (1 - p)^n \quad (\text{Ecuación 3})$$

En la cual:

Ap = representa una área relativa adimensional a la distancia relativa “ p ” sobre el lecho del río.

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

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

Las constantes características “ C ”, “ m ” y “ n ” determinadas para los 4 tipos de embalses son:

Tabla 2. Constantes características para cada clasificación de embalses según la distribución de sedimentos por reducción empírica de áreas.

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

No existe una progresión lógica de estas constantes a medida que el factor de sedimentación cambia de la parte superior hacia el fondo.

A partir de esta etapa, el procedimiento puede continuarse en forma tabular.

El procedimiento por pasos es el siguiente:

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

$$p = \frac{hx - h_{pie_presa}}{H} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

p: Profundidad relativa, adimensional.

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

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

H: Profundidad del embalse, en m.

2.- Determinar los valores de área relativa de sedimentos (A_p) a partir de la ecuación 3.

3.- Seleccionar como primera aproximación una elevación del sedimento al pie de la presa después de la sedimentación.

Las áreas (área de sedimentos) a esta elevación y por debajo de ella serán iguales a las áreas de la curva altura – área – capacidad del año base. Las áreas del sedimento para cada incremento de profundidad por encima de la nueva elevación cero estimada, se obtienen dividiendo el área original en la elevación cero por el valor correspondiente de A_p (variable K) y multiplicando esta relación por el valor de A_p en cada incremento sucesivo.

$$K = \frac{A_o}{A_p}$$

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

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

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

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

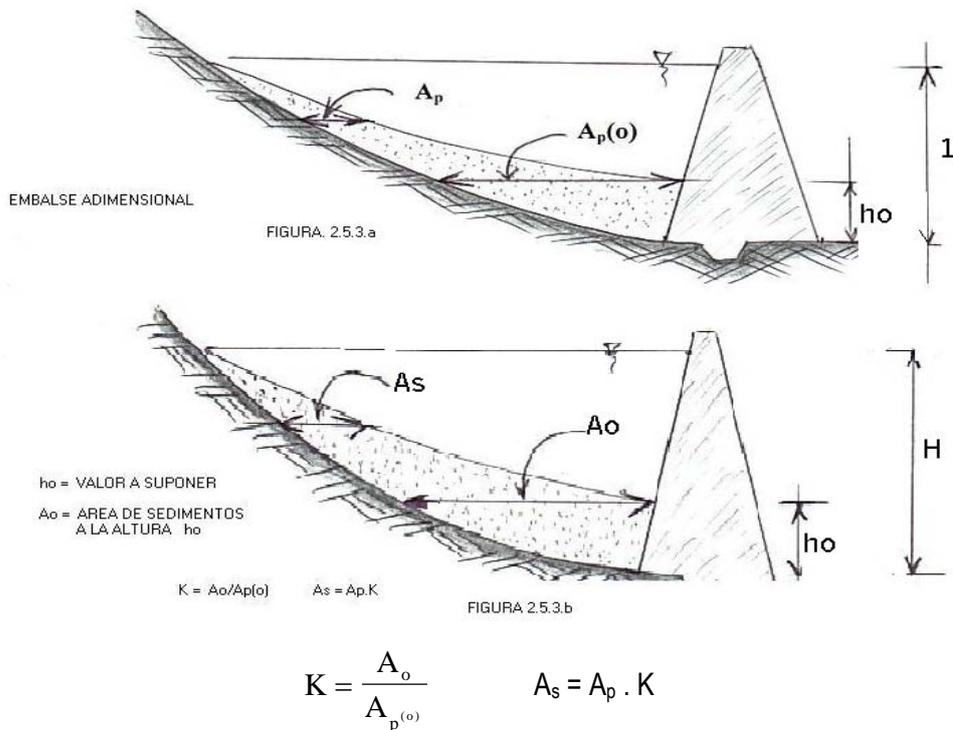


Figura 7. Esquema para la explicación del método de la reducción empírica de áreas. (Tomado de: "Sedimentación en embalses". Gaspar, J., pág. 49)

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

2.8. Rendimiento garantizado

El rendimiento garantizado del embalse es la máxima cantidad de agua que el embalse puede aportar mensualmente sin que se produzca una falla, es decir, el nivel de agua llegue al nivel de aguas muertas. Una falla en un embalse implica

que ese mes no se podrá suministrar el caudal previsto. Para determinar el rendimiento garantizado se realiza un movimiento de embalse dinámico.

El movimiento de embalse dinámico consiste en simular las entradas y las salidas de aguas del embalse y caracterizar su comportamiento.

2.9. Técnicas para la recuperación y prevención de la sedimentación

2.9.1. Tratamiento de la cuenca contribuyente al embalse

Para el tratamiento de cuencas es posible realizar dos tipos de actividades: medidas orientadas a evitar la erosión de los suelos y obras destinadas a retener los suelos erosionados o en proceso de erosión en la cuenca.

Los resultados del tratamiento de la cuenca se presentan a largo plazo. Generalmente son costosos e implican actividades a desarrollar durante varios años. Es importante destacar, que los beneficios de la recuperación de las cuencas, no se limitan a ampliar la vida útil de los embalses, abarcan múltiples beneficios ambientales, de conservación de suelos usados con fines agrícolas, bosques, protección de infraestructuras como vialidad y urbanismos, también contribuyen a evitar los flujos de barro o deslaves que en los últimos años se han hecho comunes por intervención de las cuencas y el avance de los poblados a áreas sujetas a estos fenómenos.

Las actividades destinadas a la conservación de la cuenca son:

- Control de la actividad humana mediante el desarrollo de políticas que orienten sus actividades, haciéndolas acordes a un manejo conservacionista de los recursos de la cuenca.
- Control de los movimientos de tierra en las obras civiles. Estas obras exponen a la acción de las aguas, el suelo suelto.
- En cuencas con propensión al aporte de sedimentos, por su geología, intensidad de lluvia o previas intervenciones humanas, se requieren obras de protección y recuperación de cauces, protección del suelo con reforestaciones adecuadas y control de cárcavas.

Uno de los mayores productores de sedimentos son las tierras agrícolas, sujetas a la acción del arado. En estos casos, en que además de la erosión con efectos indeseables hacia aguas abajo, se pierde la fracción de suelo que contienen los nutrientes, es importante dotar las áreas sujetas a explotación agrícola de un sistema de drenaje que evite en lo posible el arrastre del suelo.

Una de las prácticas más dañinas, es el arado en tierras de gran pendiente, esta actividad es común en los países menos desarrollados. Es paisaje común de las zonas montañosas de Venezuela, los cultivos con surcos en la dirección de la pendiente del terreno. Al igual que las áreas deforestadas, abandonadas y expuestas a la acción del agua.

Cuando se practiquen cultivos en estos terrenos, los surcos deben hacerse horizontales, capaces de retener las aguas, sus excedentes se deben conducir a cauces perfectamente estables.

Una solución bastante eficiente es la introducción de fajas de gramíneas entre terrazas cultivadas, las cuales se auto mantienen, reducen las velocidades de las aguas y logran retener los sedimentos provenientes de las terrazas. La figura 8 ilustra esta solución.

En casos en que el suelo no es apto para el desarrollo de las gramíneas, es factible introducir pequeños muros de roca, que al retener las aguas proporcionan humedad que favorecerá el desarrollo de las plantas autóctonas. La figura 9 muestra esta técnica implementada en suelos sueltos fáciles de ser arrastrados por las aguas. [5].

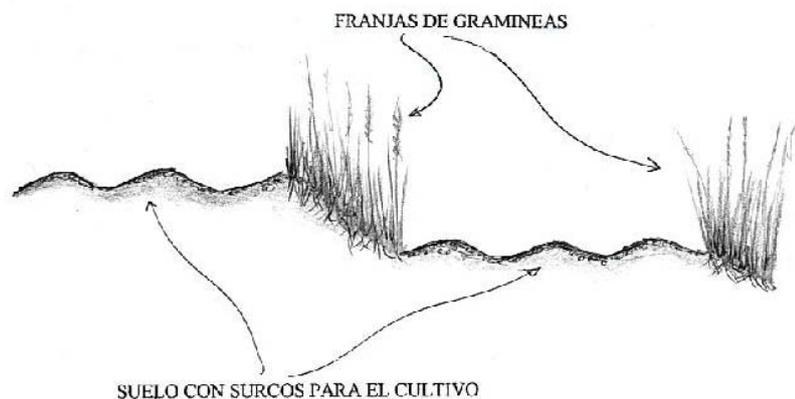


Figura 8. Perfil de un terreno en el cual se han introducido en las zonas de mayores pendientes, franjas de gramíneas para proteger el suelo de la erosión. (Tomado de: "Sedimentación en embalses". Gaspar, J., pág. 66)



Figura 9. Control de la erosión en suelos fáciles de erosionar, mediante pequeños muros de roca, que al retener la humedad, facilitan el desarrollo de plantas autóctonas. Al fondo en la colina, se aprecian terraceos hechos para reforestar. (Tomado de: “Sedimentación en embalses”. Gaspar, J., pág. 66)

2.9.2. Dragado

Se entiende por dragado, la operación de limpieza de los sedimentos en cursos de agua, lagos, bahías, accesos a puertos para aumentar la profundidad de un canal navegable o de un río para aumentar la capacidad de transporte de agua, evitando así las inundaciones aguas arriba. Así mismo, se pretende con ello aumentar el calado de estas zonas para facilitar el tráfico marítimo por ellas sin perjuicio para los buques (riesgo de encallamiento).

En función del material del fondo, que requiere ser dragado, se utilizan diferentes tipos de dragas.

Las operaciones de dragado tienen potencialmente un impacto ambiental significativo, que debe ser oportuna y convenientemente evaluado a fin de tomar en consideración las posibles medidas de mitigación.

Una draga es una embarcación utilizada para eliminar material sedimentado en canales navegables, puertos, etc.

Algunos tipos de draga:

- Draga con tolva (Figura 10)
- Draga de tolva continua (Figura 11)
- Draga de cuchara (Figura 12)



Figura 10. Draga con tolva operando en la profundización de una canal navegable. (Tomado de: <http://es.wikipedia.org/wiki/Draga>. [Consulta: 2007, Mayo 27].



Figura 11. Draga con tolva continua, en el puerto de Puno. (Tomado de: <http://es.wikipedia.org/wiki/Draga>. [Consulta: 2007, Mayo 27].

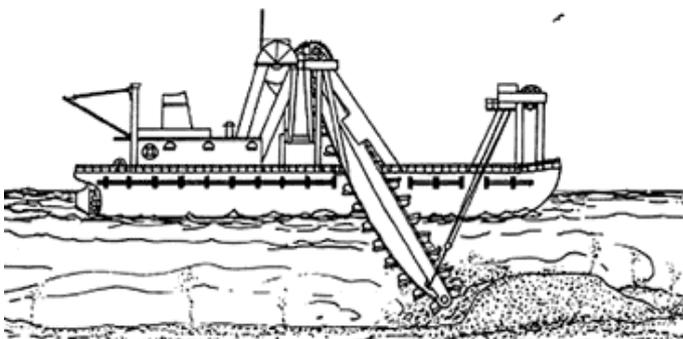


Figura 12. Draga de cuchara. (Tomado de: http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/067/htm/sec_9.htm. [Consulta: 2007, Mayo 27].

2.9.3. Método español (Flushing)

El método español parece ser bastante antiguo, también es conocido como Flushing o Lavado. La técnica consiste básicamente en restituir las condiciones actuales del río, es decir, que vuelva a tener propiedades de arrastre de sedimento en el área del vaso de almacenamiento, la cual fue perdida al momento de construir la obra. Para que este método sea posible es indispensable que el embalse cuente con descarga de fondo, la cual será abierta por un largo tiempo, para dejar pasar las aguas que arrastran los sedimentos. Otra de las premisas de este método es que la pendiente del río en el área del vaso de almacenamiento es mucho mayor que la original del río, esto permitirá un mayor arrastre de los sedimentos del lecho del río.

Este proceso es posible si se vacía el embalse, ya que las velocidades del río se incrementarían al llegar a las adyacencias del vaso y se incrementará más aún el arrastre de sedimentos. Tener como condición el vaciar el embalse, para poder aplicar este método, limita su aplicación a embalses que puedan salir de operación por días y hasta semanas.

Una de las limitaciones de este método, es que solo se logra la totalidad del lavado solo en embalse de pequeñas dimensiones, ya que en embalses de valles amplios, este método trae como consecuencia la apertura de un canal en los sedimentos depositados.

Es recomendado realizar este procedimiento en los periodos de lluvia, ya que es cuando se tiene una mayor erosión y mayor arrastre de sedimentos del lecho del cauce original.

Esta técnica se hace más eficiente cuando se hace en períodos anuales o en intervalos de estos, dependiendo principalmente de la necesidad del agua almacenada.

Entre las limitaciones de este método encontramos:

- Gasto elevado de aguas.
- Efectos desfavorables aguas debajo de la presa, por descargar al río grandes caudales con altas concentraciones de sedimentos.
- Interferencia con la operación regular del embalse.
- Solo aplicable a embalses pequeños con relaciones bajas de capacidad – aportes. (Gaspar 2003).

2.9.4. Captación de corrientes de turbiedad

Las corrientes de turbiedad han sido utilizadas para retirar del embalse sedimentos aportados por las crecientes en períodos de lluvias. Para esta técnica también es necesario contar con una descarga de fondo para dejar escapar dichas corrientes.

Se conoce que el volumen aproximado de extracción de sedimentos está en el orden del 44 % a 51 % del volumen que entra al embalse. También se conoce que la cantidad de sedimentos a retirar por la descarga de fondo depende de varios factores, como lo es el tiempo que se necesita tener abierta la descarga. La descarga debe estar abierta por el tiempo comprendido entre la llegada de la corriente de turbiedad a la presa y el final de la creciente que aporta los sedimentos. Si se detiene el aporte de sedimentos, la corriente pierde velocidad y estos precipitan, depositándose al fondo del vaso de almacenamiento.

Tomando en cuenta lo anterior, si es muy grande la distancia entre el punto de hundimiento de la corriente de turbiedad y la descarga de fondo, menor es la posibilidad de retirar un cantidad considerable de sedimentos, porque los sedimentos se depositarían antes de ser captados.

Las condiciones de geometría del embalse juegan un papel importante al momento de aplicar este método, ya que la corriente de turbiedad debe mantener una velocidad tal que mantenga a los sedimentos en suspensión hasta llegar al punto de retiro. Según la bibliografía, se necesita de una velocidad aproximada de 1 m/s para mantener en movimiento partículas pasante del tamiz # 200, que es el tamaño de partícula que arrastra una corriente de densidad, conformado principalmente por limos y arcillas.

Uno de los factores más importantes en la aplicación de esta técnica, es la operación de la descarga de fondo, ya que de esta dependerá la eficiencia en la captación de las corrientes de turbiedad. El caudal de descarga debe ser igual al caudal de la corriente. Si se opera bajo esta condición es posible captar la fracción más densa de dicha corriente.

Por último, se debe tener en cuenta la apertura de la descarga de fondo al momento de realizar el método, porque de no contar con una altura debida ho por encima del eje de de la obra de descarga, se captarán aguas claras del embalse y por consiguiente una disminución de la densidad de la corriente de turbiedad. Dicha disminución de la corriente traerá como consecuencia una menor captación de sedimentos por el tiempo que se tenga abierta la compuerta. [5].

2.9.5. Dragado hidráulico

El dragado hidráulico proporciona el mismo resultado del dragado convencional, con la diferencia que este utiliza la energía que proporciona la altura de agua en el embalse. Para esta técnica la draga puede disponer de un pequeño motor para desplazarse dentro del vaso de almacenamiento y para el cortador que remueve los sedimentos. Básicamente las tuberías funcionan como un sifón.

También se puede contar con una draga sin cortador, simplemente con una tubería que succiona las aguas del fondo del embalse, succionando a su vez los sedimentos en suspensión arrastrados por el curso de agua. En caso de no usar cortador, los sedimentos a extraer están limitados a ser limos y arcillas

Los sedimentos captados por esta técnica son conducidos generalmente al curso de agua aguas abajo de la presa. El material extraído del embalse es conducido a su sitio de deposición utilizando la diferencia de nivel entre las aguas del embalse y el sitio de deposición.

Esta técnica es más económica que el dragado convencional, tomando en cuenta el gasto de combustible y la envergadura de la draga.

El dragado hidráulico es posible, solo cuando el nivel de las aguas proporciona la energía necesaria para vencer las pérdidas locales y fricción de los lodos dragados en las tuberías que los conducen. [5].

CAPÍTULO 3

MÉTODO

MÉTODO

En toda investigación científica es necesario plantear las distintas estrategias a desarrollar para resolver el problema en cuestión, dichas estrategias deben estar basadas en teorías desarrolladas con anterioridad o desarrolladas durante la resolución del problema. Este marco metodológico tiene como principal objetivo, explicar todas las pericias y técnicas a fondo, a fin de dar validez y credibilidad a los resultados obtenidos y a las conclusiones planteadas a partir de estos últimos.

3.1. Caracterización de la Cuenca contribuyente

3.1.1. Levantamiento en campo

Para realizar la inspección en campo y hacer el diagnóstico del estado actual de la cuenca, se hizo un recorrido por los límites de la cuenca, contando para ello con un mapa de ubicación de toda la zona. En este recorrido se observó el estado actual de las montañas y laderas que componen la cuenca contribuyente del río Orituco y sus contribuyentes.

La información fue levantada por medio de fotografías digitales y relatos de gente que habita en la zona. A la gente que reside en la cuenca se le preguntaron varios aspectos relevantes de la actividad económica que se realiza en la zona.

También se contó con la ayuda del personal que labora para el Proyecto Río Orituco, que esta encargado de la recuperación del río en sí y de todas las zonas aledañas, así como también, se encarga de inspeccionar las actividades

ganaderas y agrícolas que se realizan en toda la zona adyacente al embalse Guanapito.

Por último se hizo una recopilación de todas las fotografías tomadas en el recorrido por la cuenca y algunas facilitadas por la gente del Proyecto Río Orituco, y se redactó un informe del estado actual de la cuenca y de todos los aspectos que contribuyen a la sedimentación del río y del embalse.

3.1.2. Caracterización climatológica

Para la realización de la climatología básica de una cuenca es necesario definir las estaciones climatológicas representativas. Para esto se graficaron las estaciones conocidas próximas al embalse y se escogieron las seis más cercanas. Mientras mayor sea el número de estaciones y registros, más acertado será el resultado.

Se solicitó al Ministerio del Ambiente, Dirección de Hidrología, por los siguientes registros de las seis estaciones:

- Precipitaciones mensuales.
- Precipitación máxima horaria.
- Velocidades de los vientos (solo para la estación Guanapito).

A partir de estos datos se caracterizó climatológicamente la cuenca:

3.1.2.1. Precipitación media anual

La suma de las precipitaciones mensuales de un año es la precipitación anual. El promedio de las precipitaciones anuales para el periodo con valores compilados en cada estación representará la precipitación media anual.

3.1.2.2. Duración típica de las tormentas

Para determinar el patrón de distribución horaria de las tormentas diarias y establecer la hora en la cual haya ocurrido más del 85% del total para 24 horas, se recaba de las estaciones climatológicas información sobre intensidades máximas horarias para 1, 2, 3, 6, 9, 12 y 24 horas de duración para el período común de registros.

Los valores de intensidades horarias se expresan en porcentajes acumulados de ocurrencia con respecto a la lluvia de 24 horas, formando para las estaciones su curva de masa acumulativa, la cual se presenta en gráfico lineal.

La hora común en la que haya ocurrido más del 85% de la lluvia de 24 horas, es un buen indicador de la duración efectiva de las tormentas para la cuenca. (Obregón, 2006).

3.1.2.3. Patrón modal de precipitación

Con el promedio de las precipitaciones de cada mes de cada estación se grafican los histogramas medios mensuales de precipitación.

En estos histogramas se observa como se distribuyen los meses de máximas y mínimas precipitaciones, a fin de establecer el patrón modal de precipitación. Si los meses de máximas se presentan una o más veces durante el ciclo anual, los patrones serán unimodal, bimodal, etc.

3.1.2.4. Patrón modal de vientos

Con las velocidades media, máxima y velocidad media a 0,65 m del suelo en la estación climatológica Guanapito, se realizó un gráfico velocidades de vientos vs meses.

3.2. Diagnostico del estado actual de las estructuras constitutivas del Embalse Guanapito

Para realizar el diagnóstico actual de las estructuras constitutivas del embalse Guanapito, se realizó una visita a cada una de las obras, presa y aliviadero. En el caso de la obra de toma no se pudo observar porque su entrada es del tipo sumergida y el tunel de la toma no está en condiciones de ser visitado. Lo que se hizo fue una inspección a la tubería que conduce el agua del embalse a la planta de tratamiento.

En cada una de las visitas se contó con la ayuda del personal operador del embalse, el cual nos relató la historia de cada estructura, comentó sobre el mantenimiento a lo largo de la historia de las mismas, y del mantenimiento actual.

Para diagnosticar cada una de las estructuras se hizo un reconocimiento fotográfico detallado.

3.3. Estimar la altura de sedimentos en la torre toma

3.3.1. Batimetría

3.3.1.1. Trabajo de campo:

La batimetría consistió en la medición de las profundidades actuales del embalse a través de una ecosonda de alta precisión, dando a cada una de estas profundidades una ubicación Este y Norte mediante un GPS. El procedimiento para levantar la información en el embalse se planificó de la siguiente forma: se trazó una perimetral de todo el embalse para tener en el GPS una gráfica general del espejo de agua para el momento de la batimetría. Después de obtener esta perimetral, se procedió a hacer transectas de una orilla a otra, del mismo embalse, para obtener como resultado final una cuadrícula de transectas formada por puntos Este-Norte-Profundidad.

Cercano a la obra de toma se realizó una cuadrícula más detallada, a fin de tener un resultado más preciso de la altura de sedimentos alrededor de la toma.

Es importante señalar que al final de cada jornada de levantamiento se tomaba nota de los registros de la mira del embalse a cada hora. Estos registros son tomados a diario por el personal operador del embalse.

3.3.1.2. Procesamiento de los datos:

Una vez registrada la cuadrícula en el GPS, se descargó toda la información a un computador, produciendo una hoja de cálculo que refleja una serie de puntos en coordenadas X, Y, Z.

Para obtener una representación gráfica de los datos obtenidos en campo se procesó la información recopilada utilizando un programa de contorno y visualización 3D. Este programa grafica todos los puntos obtenidos en campo y los ordena en los ejes X y Y (este y norte) y le asigna a cada uno de estos puntos la profundidad obtenida en campo mediante la ecosonda. Dicha profundidad fue transformada a metros sobre el nivel del mar para que al momento de que el programa lea todos los datos obtenidos, procese las cotas del fondo del embalse como m.s.n.m.

Para calcular esta transformación, se le asigno a cada rango de puntos registrados por intervalos de una hora, la altura de agua leída en la mira del embalse y se realizo una resta de acuerdo a la ecuación 5:

Altura de aguas de la mira [m.s.n.m] – Profundidad de fondo [m] = m.s.n.m DEL FONDO
(Ecuación 5)

Luego de tener todos los puntos en pantalla, el programa triangula las profundidades entre puntos continuos y hace un promedio de las profundidades en lugares donde no se tomaron puntos en campo, logrando de esta manera un modelaje del fondo del embalse en curvas de nivel y en imágenes tridimensionales.

Al obtener las curvas de nivel del embalse, se procedió a exportarlas a un software que permite trabajar en dichas curvas, seleccionarlas, hacer ajustes y obtener información útil de cada curva de nivel. Este programa de computación fue de dibujo asistido por un ordenador.

La necesidad de poder trabajar con cada curva de nivel por separado, se debe a que se tiene que crear la curva “*Altura - Área - Capacidad actual*” del embalse, para compararla con la curva “*Altura - Área - Capacidad original*” obteniendo de esta manera el volumen de sedimentos que ha entrado al embalse a lo largo de los años, y por ende, el volumen en que se ha disminuido la capacidad útil del embalse Guanapito.

Una vez obtenida la topografía del fondo del embalse, dada por curvas de nivel con cotas en m.s.n.m se procedió a calcular el volumen actual del embalse.

Para realizar lo antes descrito se utilizó el método Trapezoidal o método de las áreas parciales. El primer paso fue calcular el volumen entre dos curvas de nivel consecutivas, mediante la ecuación 6:

$$V_{12} = \text{promedio } A_1 A_2 * \text{ distancia } A_1 A_2 \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

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

A_1 : área 1

A_2 : área 2

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

Las áreas son las correspondientes al área de una misma curva de nivel. Se repitió el mismo proceso para todas las curvas del embalse. Dichos volúmenes se fueron acumulando para obtener el volumen total actual del embalse.

En cuanto a la curva de alturas capacidad, se graficó para cada cota el volumen acumulado. El valor de la altura para la capacidad nula “ h_0 ” se obtuvo a través de

la curva de mejor ajuste, extendiéndola hasta que cortara al eje de las ordenadas, Altura.

3.3.2. Producción específica de sedimentos

Primero se definió el área de la cuenca contribuyente al embalse luego, a partir de las curvas altura-área-capacidad original, batimetría 1995 y 2006, con la altura máxima registrada común para las tres curvas, se calculó la capacidad para cada una.

La resta de las capacidades de ambas batimetrías con la capacidad original va a establecer la cantidad de sedimentos acumulados en los años 1995 y 2006. A su vez, la resta de la capacidad en el 2006 y la capacidad en 1995 va a establecer el volumen de embalse perdido en esos 11 años.

Con estos valores se generó la producción específica de sedimentos, que no es más que el volumen de sedimentos que aporta la cuenca anualmente. La producción específica de sedimentos se halla con la ecuación 7:

$$P.E.S = \frac{V_s}{Acuena \times N^\circ \text{ años}} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

P.E.S: producción específica de sedimentos, en $\text{m}^3/\text{Km}^2/\text{años}$

V_s : es el volumen de sedimentos acumulado, en m^3 .

Acuena: es el área de la cuenca contribuyente del embalse, Km^2

N° años: es el número de años transcurridos entre la construcción del embalse y la batimetría

De este modo se tienen tres producciones específicas de sedimentos, una desde 1963 hasta 1995, otra desde 1963 hasta 2006 y una desde 1995 hasta 2006.

Para los cálculos del pronóstico de volumen de sedimentos acumulados para los próximos años se utilizó la producción específica de sedimentos más desfavorable, es decir, la mayor.

3.3.3. Pronóstico de volumen de sedimentos

Con la producción específica de sedimentos seleccionada, la que se obtuvo del periodo 1995-2006, suponiendo que la cuenca va a mantener las condiciones actuales, se calculó el volumen de sedimentos a producir para los años 2010, 2015, 2020, 2025, 2030, 2035 y 2040.

$$V_x = PES \times A_{\text{cuenca}} \times N^{\circ} \text{ años} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde:

V_x : Volumen de sedimentos que se esperan que se acumule en x n° de años, m^3 .

PES: producción específica de sedimentos, en $m^3/Km^2/años$

Acuenca: Área de la cuenca contribuyente del embalse, Km^2

N° años: Número de años transcurridos entre el año base y el año a pronosticar.

3.3.2. Distribución de sedimentos

3.3.2.1. Método del área incremental

El procedimiento a seguir para distribuir los sedimentos por el método del área incremental es descrito en la sección 2.7.1.

3.3.2.2. Método de reducción empírica de áreas

Para distribuir sedimentos por el método de reducción empírica de áreas se siguen los pasos descritos en la sección 2.7.2.

3.4. Rendimiento garantizado del embalse

El rendimiento garantizado de un embalse es el caudal que puede aportar de forma segura y constante el embalse. Para calcular el rendimiento garantizado de un embalse se utiliza como herramienta el movimiento de embalse dinámico. Esta técnica consiste en simular las entradas y salidas de agua del embalse y calcular el volumen de agua almacenado verificando que solo llegue al nivel de aguas muertas una vez.

Por no contar con registros de aportes mensuales del Río Orituco, a partir de datos hidrológicos existentes y condiciones de extracción de agua de 25 años, se generaron dichos registros, de la siguiente forma:

3.4.1. Generación de aportes del río

3.4.1.1. Registros conocidos:

- Niveles del agua al inicio y al final de cada mes.
- Curva de Altura – área – capacidad real, producto de la batimetría del 2006.
- Volumen extraído por la torre toma.
- Volumen filtrado en el embalse.
- Precipitación y evaporación.
- Volumen aliviado.

3.4.1.2. Hipótesis:

- Para usar la curva de altura – área – capacidad, se trabaja bajo la suposición de que el fondo del embalse no varía y es igual al real, es decir, se trabaja con las condiciones actuales de sedimentación (batimetría 2006).
- El espejo de agua sometido a precipitación y evaporación va a ser el del inicio de cada mes.

3.4.1.3. Cálculos:

- Se parte de la premisa de que el volumen de entrada al embalse es igual al volumen extraído del embalse más la variación de volumen almacenado menos la diferencia entre la precipitación y la evaporación por el espejo de agua sometido a éste cambio.
- A partir de los niveles iniciales y finales del agua en el embalse, se entró en la curva de altura – área – capacidad de la batimetría realizada en el 2006 y se hallaron los volúmenes al inicio y al final de cada mes.
- La resta del volumen al final del mes y el volumen al inicio del mes, es la variación de volumen mensual. Si este valor es positivo significa que se almaceno agua en ese mes, si es negativo significa que se extrajo más agua de la que entró al embalse.

$$\Delta V = V_2 - V_1 \quad (\text{Ecuación 9})$$

ΔV : Variación del volumen de agua en el embalse en un mes, en Hm^3

V_2 : Volumen acumulado en el embalse al final del mes, en Hm^3

V_1 : Volumen acumulado en el embalse al inicio del mes, en Hm^3

- Con los registros de volumen extraído por la torre toma y el volumen filtrado se calcula el volumen total extraído del embalse.

$$V_{ext} = V_{torre_toma} + V_{filtrado} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde

V_{ext} : Volumen extraído del embalse, en Hm^3

V_{torre_toma} : Volumen extraído por la torre toma, en Hm^3

$V_{filtrado}$: Volumen que se filtra desde el embalse, en Hm^3

- Para hallar los aportes brutos del río, teniendo la variación de volumen y el volumen extraído:

$$Ap_B = \Delta V + V_{ext} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde

Ap_B : Aportes brutos del río, en Hm^3

ΔV : Variación del nivel del agua en el embalse en un mes, en Hm^3

V_{ext} : Volumen extraído del embalse, en Hm^3

- Con la curva de altura – área – capacidades de la batimetría 2006 y el nivel de agua al inicio del mes y se obtiene el área sometida a evaporación y precipitación.

- Se calcula el aporte neto del Río Orituco, que es dato necesario para el cálculo del rendimiento garantizado mediante el movimiento de embalse, con la ecuación 12.

$$Ap_N = Ap_B + \frac{a}{1.000.000} \times \left(\frac{Ll - Ev}{1.000} \right) + V_{aliv} \quad (\text{Ecuación 12})$$

Donde:

A_{pN} : Aportes netos del río, en Hm^3

A_{pB} : Aportes brutos del río, en Hm^3

a: Área del espejo de agua al inicio del mes, en Ha

Ll: Precipitación media mensual, en mm

Ev: Evaporación medio mensual, en mm

V_{aliv} : Volumen aliviado mensual, en Hm^3

3.4.2. Movimiento de embalse

Con todos los datos necesarios, se realizó el movimiento de embalse para calcular el rendimiento garantizado actual y futuro de la siguiente manera:

3.4.2.1. Datos:

- Cota y volumen a nivel de aguas normales.
- Cota y volumen a nivel de aguas muertas, dado por la altura de la torre toma.
- Registros de entrada al embalse: aporte del río y precipitación.
- Registros de salida del embalse: evaporación y filtración.
- Curva altura – área – capacidad obtenida de la batimetría del 2006.
- Curvas altura – área – capacidad obtenidas por el método de distribución de sedimentos reducción empírica de áreas para embalses tipo II, para los años 2010, 2015, 2020, 2025, 2030 y 2033.

3.4.2.2. Hipótesis:

- La cuenca contribuyente al Embalse Guanapito no va a sufrir modificaciones, es decir, se mantendrá estática hasta el año pronosticado.
- Se inicia el movimiento de embalse con el embalse lleno a nivel de aguas normales.

- Los datos de volúmenes de agua de entrada y salida del embalse registrados desde 1981 hasta 2006, 25 años, se repetirán exactamente igual los próximos 25 años.
- El método de distribución de sedimentos que mejor se ajusta al Embalse Guanapito es el de reducción empírica de áreas con un embalse tipo II, por ello se usó este método para obtener las curvas altura – área – capacidad.
- El volumen extraído por la torre toma va a ser constante e igual al volumen garantizado.
- El caudal garantizado va a ser el que genere una falla o lo que es lo mismo cuando el nivel del embalse alcance el nivel de aguas muertas.
- El alivio se va a producir cuando el nivel del agua supere el nivel de aguas normales.
- Si hay fallas al siguiente mes se dispone solo de los aportes del río.
- Si hay alivios el siguiente mes se inicia con el embalse a nivel de aguas normales.

3.4.2.3. Cálculos:

El movimiento de embalse se hace de acuerdo a los siguientes pasos:

- Se supone un caudal garantizado, lo que implica un volumen garantizado que es el extraído por la torre toma.

$$V_{\text{torre_toma}} = Q_{\text{garantizado}} \times 31 \text{días} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} \times 60 \frac{\text{mi}}{\text{h}} \times 60 \frac{\text{seg}}{\text{mi}} \quad (\text{Ecuación 13})$$

- El volumen inicial del primer mes es el volumen a nivel de aguas normales, a partir del segundo mes el volumen inicial es igual al volumen final del mes anterior.
- Con la curva altura – área – capacidad del año base (para el rendimiento garantizado actual es la curva producto de la batimetría 2006 y para el rendimiento garantizado futuro son las curvas producto de la distribución de sedimentos) con el volumen inicial se obtiene del gráfico el espejo de agua sometido a evaporación y precipitación.
- Restándole a la precipitación la evaporación se calcula lo que se llamará ganancia o pérdida.

$$G = Ll - Evap \quad (\text{Ecuación 14})$$

Donde:

G: Ganancia o pérdida, en mm.

Ll: Precipitación, en mm.

Evap: Evaporación, en mm.

- El volumen final de cada mes va a ser igual a:

$$Vf = Vi + V_{\text{río}} - (V_{\text{torre_toma}} + V_{\text{filtrado}}) + \left(\frac{a}{1.000.000} \times \frac{G}{1.000} \right) \quad (\text{Ecuación 15})$$

Donde:

Vf: Volumen a final del mes, en Hm³.

Vi: Volumen al inicio del mes, en Hm³.

V_{río}: Volumen aportado por el Río Orituco, en Hm³.

V_{torre_toma}: Volumen garantizado, supuesto, en Hm³.

V_{filtrado}: Volumen filtrado, en Hm³.

a: Espejo de agua sometido a evaporación y precipitación, en Ha.

G: Ganancia o pérdida, en mm.

Cuando el volumen final del mes es mayor al volumen a nivel de aguas normales, el volumen excedente es aliviado.

Cuando el volumen final sea igual o menor al volumen a nivel de aguas muertas se va a producir una falla.

- El proceso se repite para cada mes de los 25 años de registro. Al final se cuenta la cantidad de fallas producidas y debe ser igual a uno. Si se produce más de una falla se debe suponer de otro valor de caudal garantizado hasta que se cumpla dicha condición.
- Se realizó un movimiento de embalse para cada uno de los años con pronósticos de curvas altura – área – capacidad.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y ANALISIS

RESULTADOS Y ANALISIS

4.1. Cuenca del Río Orituco y cuenca contribuyente del Embalse Guanapito

El río Orituco está localizado en la región centro - norte de Venezuela ($9^{\circ} 57' - 10^{\circ} 1' N$, $66^{\circ} 24' - 66^{\circ} 26' W$), posee un área de drenaje de 8.907 km^2 y tiene una longitud total de 348 km. Este río se origina dentro del Parque Nacional Guatopo a una altitud de 1 200 m.s.n.m. En esta región el río es de tipo montañoso con un exuberante bosque macrotérmico de alta precipitación y la temperatura promedio del agua es de $23.8^{\circ} C$. Dentro del área del parque, el río Orituco es de 4to orden y recorre un trecho de aproximadamente 10 km de longitud para posteriormente desembocar en el río Guárico, tributario del río Orinoco.

La cuenca contribuyente al embalse Guanapito, que es la parte alta de la cuenca del río Orituco, se divide en cuatro áreas, según su importancia y uso como se expresa en [8] y se muestra en la Figura 13:

Unidad I

Pendiente: mayor de 50%.

Localización: se encuentra al extremo Nor-Este del área adyacente al Parque Nacional Guatopo.

Actividades permitidas: arborización, reforestación, protección, conservación, introducción de especies autóctonas, educación ambiental e investigación científica.

Unidad II

Pendiente: mayor a 35%.

Localización: desde el Norte del área límite con el Parque Nacional Guatopo, hasta los límites del área de protección del Embalse Guanapito.

Actividades permitidas: protección, recuperación de especies autóctonas. Reforestaciones con fines protectores, desarrollo de infraestructuras para la conservación de cuencas, caza y pesca deportiva y de subsistencia; caza y pesca de control, introducción de plantas exóticas, investigación científica, extracción de muestras, interpretación de la naturaleza, recreación, educación pasiva, transporte y comunicación.

Unidad III

Pendiente: de 0 a 15%.

Localización: corresponde al sector ubicado en el fondo del valle del Río Orituco, antes de su desembocadura en el Embalse Guanapito.

Actividades permitidas: vigilancia y control, arborización, reforestación, protección, investigaciones científicas, educación pasiva, recreación ambiental, aprovechamiento de las aguas, aprovechamiento de la fauna, introducción de animales y plantas exóticas, construcción de ductos y líneas de transferencia eléctrica, apicultura comercial.

Unidad IV

Pendiente: 3 a 12%.

Localización: se ubica al sur de las unidades de ordenamiento II y III y comprende el cuerpo de agua del Embalse Guanapito y el polígono de expropiación para la construcción del mismo.

Actividades permitidas: vigilancia y control, reforestación, protección y recuperación de especies autóctonas, obras de infraestructura de protección ambiental, educación ambiental, siembra de peces, aprovechamiento de las aguas, investigación científica, construcción de vías de comunicación, extracción de muestras científicas, transporte y comunicación, caza y pesca comercial.

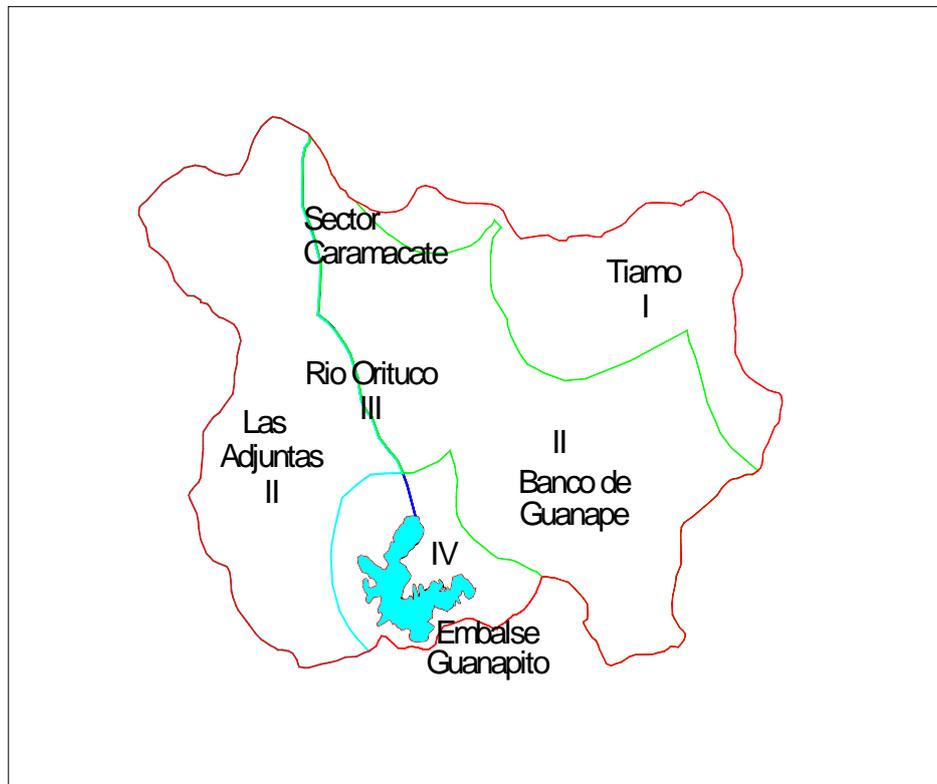


Figura 13. Mapa con las divisiones de la Cuenca Contribuyente al Embalse Guanapito. (Fuente propia).

La Cuenca contribuyente al embalse Guanapito posee una extensión de aproximadamente 180 Km² (Dato tomado de la revista "El Agua", 1976).

Al ir desapareciendo la densa cobertura vegetal, el suelo es más susceptible al desgaste, aumentando la producción de sedimentos a ser arrastrados por el río.

4.1.1. Geología

El sector estudiado corresponde a un sistema deposicional de valle encajado con todas las características de este, como son: pendiente fuerte, estrechez del espacio deposicional y presencia de terrazas como consecuencia de las oscilaciones climáticas del cuaternario. Este valle encajado ha tenido como principal elemento formador el río Orituco y los ríos y quebradas tributarias de este; lo que es lo mismo los suelos del valle estudiado se han formado por los sedimentos aportados por el río Orituco y sus afluentes. Este río tiene su nacimiento en la serranía interior, la cual se caracteriza por una topografía altamente disectada, formada por cerros agudos y pendientes cuyas cumbres se elevan por encima de los 1000 metros.

Entre las características más resaltantes de la zona encontramos varias formaciones que componen todo el sistema. Entre estas formaciones encontramos la formación El Cantil, formada principalmente por areniscas calcáreas de color crema o marrón, también se encuentra el Grupo Guayusa, formado principalmente por lutitas negras, intercaladas con capas de arenisca de color gris oscuro. Por otro lado, se ubica también el Grupo Macabra, que consta principalmente de lutitas intercaladas con areniscas, todas estas de color gris oscuro.

Para finalizar con la composición geológica de la zona encontramos dos grupos más, que son el Tememure y el Guaruman, el primer grupo está conformado por lutitas, areniscas y calizas muy deformadas y trituradas. Todas estas de color gris oscuro y negro. El segundo grupo, el Guaruman, está compuesto por lutitas de colores azul grisáceo, marrón rojizo y gris oscuro, también hay areniscas interstratificadas con las lutitas.

4.1.2. Geomorfología

El valle estudiado presenta cuatro niveles de terrazas correspondientes a la periodicidad climática de la era cuaternaria, caracterizados por violentos aguaceros capaces de provocar voluminosa ablación de los edificios montañosos y consecuente acumulación de sedimentos en la parte baja, alternados con periodos de régimen pluviométricos más regular, favorables al entalle fluvial con puesta en posición de terraza de la acumulación inmediatamente anterior, en el cual la erosión y la sedimentación se reducen a un mínimo, favoreciendo la pedogénesis.

4.1.3. Caracterización climatológica de la cuenca

Para conocer la dinámica del agua en la cuenca es necesaria la caracterización de la climatología, partiendo de los siguientes parámetros:

- Precipitación media anual
- Duración típica de tormentas
- Patrón modal de precipitación
- Patrón modal de velocidades de vientos.

Dichas variables influyen en la operación y mantenimiento de la obra. El ciclo modal de precipitación tiene influencia en la programación de los caudales de extracción del embalse, al indicar los meses en que se espera que sea mayor entrada de agua al embalse. La duración de las tormentas influye en el desgaste de la capa vegetal de la cuenca, mientras mayor sea el tiempo al que está sometido el terreno a la acción de las aguas, mayor será la erosión del mismo. La

dirección y velocidad de los vientos tiene poco peso sin embargo interviene en el transporte de polvo en terrenos desforestados adyacentes al embalse.

Para éste estudio se utilizaron seis estaciones climatológicas:

Tabla 3. Estaciones climatológicas usadas para la caracterización de la cuenca.

Estación	Serial	Tipo	Longitud			Latitud			Altitud m.s.n.m.	Instalada mes/año	Eliminada mes/año
			°G	m	s	°G	m	s			
Guanapito	2415	C3	66	24	0	9	55	37	422	Oct-66	-
Guatopo	2505	PR	66	26	0	10	3	8	710	Dic-47	-
Paso Real	2528	PR	66	11	51	9	49	58	305	Ago-59	-
Lezama	2425	PR	66	23	4	9	43	46	190	Jun-52	-
San Fco. De Macaíra	2507	PR	66	16	6	9	58	50	570	Abr-49	-
Soublette	2601	PR	66	5	31	9	55	6	355	Ago-59	-
Edo. Guárico											

Nota:

- Estación tipo PR Medidora de precipitación
- Estación tipo PE Medidora de precipitación y evaporación
- Estación tipo C1 Medidora de precipitación, evaporación y temperaturas
- Medidora de precipitación, evaporación, temperatura, insolación,
- Estación tipo C3 radiación

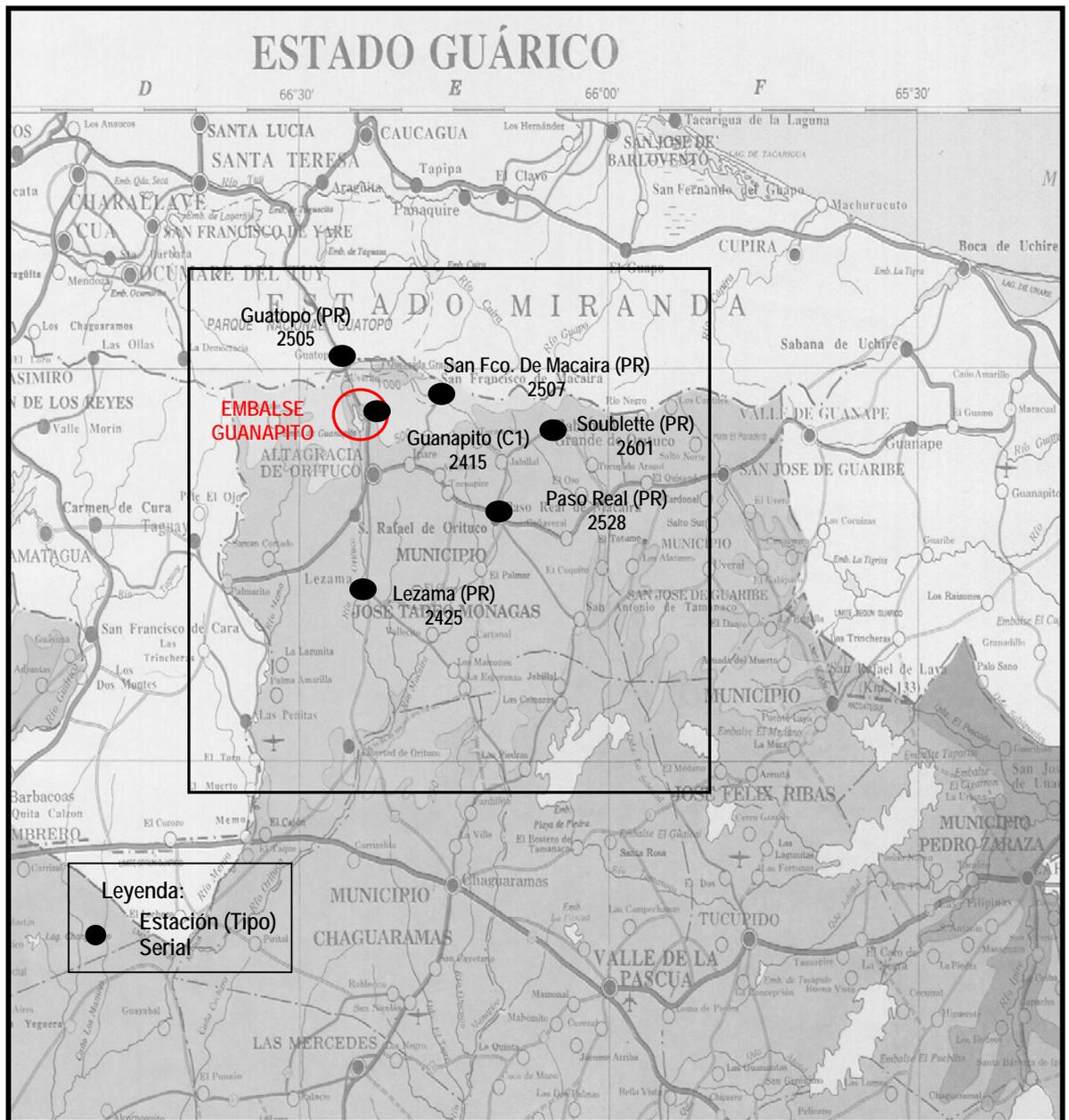


Figura 14. Cuenca del Río Orinoco. Gráfico de estaciones climatológicas. (Mapa tomado de: material proporcionado por el Ing. Francisco Obregón para la materia Hidrología Aplicada).

4.1.3.1. Precipitación media anual:

La precipitación anual es la suma de las precipitaciones mensuales registradas cada año. La precipitación media anual en cada estación climatológica se calcula con el promedio de las precipitaciones anuales de los años de registro. Al comparar las precipitaciones medias anuales de todas las estaciones analizadas se observó que son muy próximas, ver gráfico 1, lo que sugiere que el comportamiento en la cuenca es uniforme. Se toma como valor representativo de las lluvias en la cuenca la media de los promedios de lluvias anuales de todas las estaciones.

Tabla 4. Precipitaciones medias anuales.

Estación	Precipitación (mm)
Guanapito	1011,8
Guatopo	1425,4
Paso Real	912,0
Lezama	930,6
San Fco. De Macaira	1155,7
Soublette	1021,6
Media	1076,2

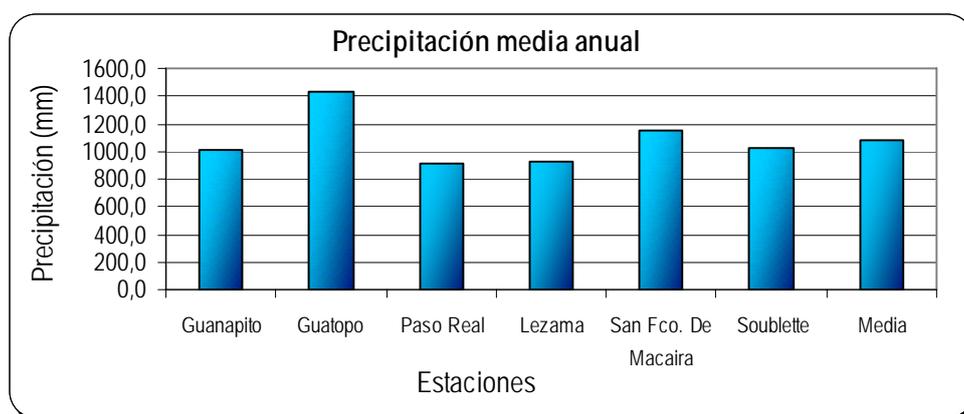


Gráfico 1. Precipitaciones medias anuales para cada estación climatológica.

4.1.3.2. Duración típica de las tormentas:

Se toma el promedio de los valores de precipitaciones máximas horarias, ver Anexo 2, para diferentes períodos de tiempo, del conjunto de años de registro de cada estación. Luego tomando como el 100% de ocurrencia de las lluvias la precipitación en 24 horas, se calcula el porcentaje de ocurrencia de cada una de las duraciones de lluvias de las estaciones.

Tabla 5. Precipitación máxima horaria.

		Intensidades para las duraciones indicadas (mm)							
Estación \ Tiempo (hs)	0	1	2	3	6	9	12	24	
Guanapito	0,0	42,0	44,6	56,8	63,8	67,9	70,7	80,8	
Guatopo	0,0	36,9	44,0	48,7	54,9	58,2	59,4	68,7	
Paso Real	0,0	41,0	45,3	49,9	55,7	57,5	58,8	65,1	
Lezama	0,0	42,0	44,7	54,2	58,4	61,8	64,3	71,7	
San Fco. De Macaira	0,0	31,7	32,2	43,4	46,9	49,2	50,6	58,1	
Soublette	0,0	37,5	41,8	47,7	50,1	52,0	54,2	59,1	
Media	0,0	38,5	42,1	50,1	55,0	57,8	59,7	67,3	

Tabla 6. Porcentaje de ocurrencia de lluvias horarias.

		Porcentaje de ocurrencia a las horas indicadas							
Estación \ Tiempo (hs)	0	1	2	3	6	9	12	24	
Guanapito	0,0	52,0	55,2	70,3	78,9	84,0	87,5	100,0	
Guatopo	0,0	53,6	64,0	70,8	79,8	84,7	86,5	100,0	
Paso Real	0,0	63,0	69,6	76,7	85,6	88,4	90,4	100,0	
Lezama	0,0	58,5	62,3	75,5	81,4	86,1	89,7	100,0	
San Fco. De Macaira	0,0	54,6	55,4	74,8	80,8	84,8	87,2	100,0	
Soublette	0,0	63,4	70,8	80,7	84,8	88,0	91,7	100,0	
Media	0,0	57,3	62,6	74,5	81,7	85,9	88,7	100,0	

Se grafica la intensidad promedio de la lluvia máxima horaria de cada estación vs la duración de la misma. Las curvas de masa de precipitación horaria registrada en todas las estaciones de la red climatológica de la cuenca, reflejan que a las doce horas ya ha ocurrido más del 85% del total de las lluvias de 24 horas. Esto es un buen indicador de la duración de las tormentas en la cuenca.

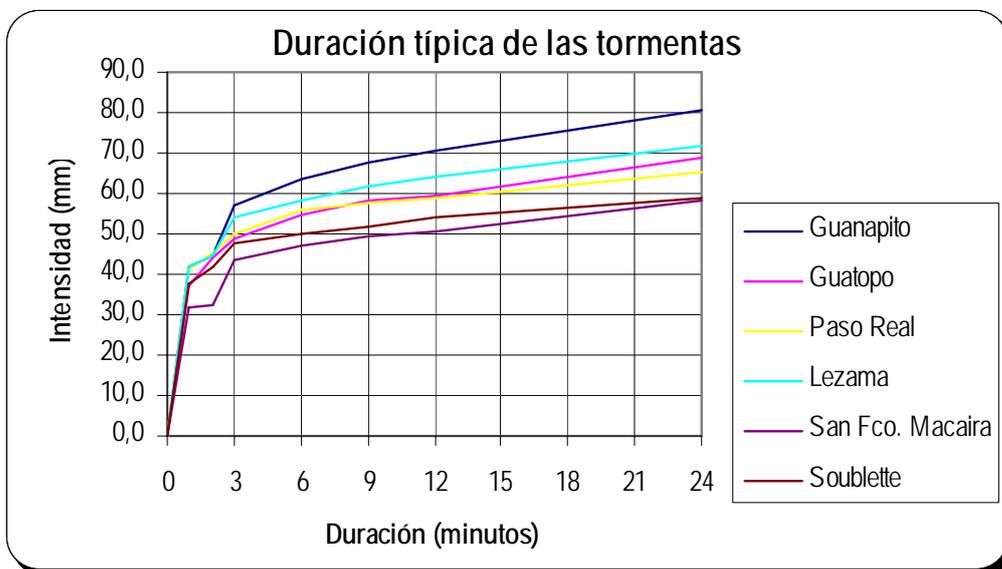


Gráfico 2. Curva de masa de precipitación horaria de cada estación climatológica.

4.1.3.3. Patrón modal de precipitación:

Con los datos de precipitación mensual de cada estación climatológica, anexo 1, se realizó un histograma de precipitación.

Tabla 7. Precipitación media mensual de cada estación climatológica.

Mes Estación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Guanapito	8,4	3,2	6,9	36	114,6	162,8	166,3	176,7	148,7	113,4	52,4	22,4
Guatopo	74,5	44,1	28,4	46,6	119,7	201,8	205	196,1	156,6	149,3	109,5	93,7
Paso Real	5,8	4,5	4,1	20,9	96,2	148,9	154	179,9	131,9	95,4	45,2	25,3
Lezama	3,4	2,1	3,1	27,9	95,6	184	169,8	178,5	111,6	97,1	39,7	17,8
San Fco. De Macaira	29,2	16	16,8	38,2	106,7	186,9	171,1	189,9	165,1	115,9	72,8	47,2
Soublette	12,4	8,9	8,2	32,2	95,4	165,8	168,8	173,4	147,3	105,9	66,7	36,6
Media	22,3	13,1	11,3	33,6	104,7	175,0	172,5	182,4	143,5	112,8	64,4	40,5

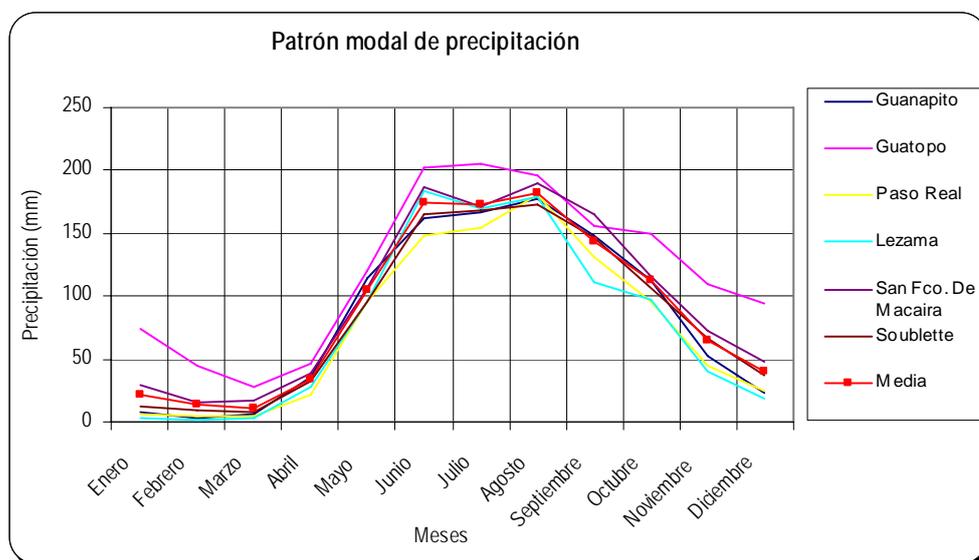


Gráfico 3. Histograma de precipitación de cada estación climatológica.

Se observó que las lluvias en todas las estaciones registran un patrón unimodal de precipitaciones, con un ciclo de altas precipitaciones entre Mayo y Octubre. Se selecciona como representativo el histograma medio aritmético.

4.1.3.4. Patrón modal de vientos:

Con las velocidades media, máxima y velocidad media a 0,65 m del suelo de los vientos en la estación climatológica Guanapito, se realizó un gráfico vientos vs meses, Gráfico 4.

Tabla 8. Vientos mensuales en estación Guanapito

Meses	Velocidad Media (Km/h)	Velocidad Máxima (km/h)	Veloc. Media a 0,65 m/suelo (km/h)
Enero	11,1	57,0	5,6
Febrero	12,4	57,0	6,2
Marzo	13,8	63,0	6,6
Abril	12,5	57,0	6,3
Mayo	9,5	79,0	3,8
Junio	7,7	98,0	3,1
Julio	7,3	89,0	2,5
Agosto	6,7	86,0	1,9
Septiembre	6,4	96,0	1,5
Octubre	6,7	91,0	1,8
Noviembre	7,8	60,0	2,7
Diciembre	9,4	49,0	4,2

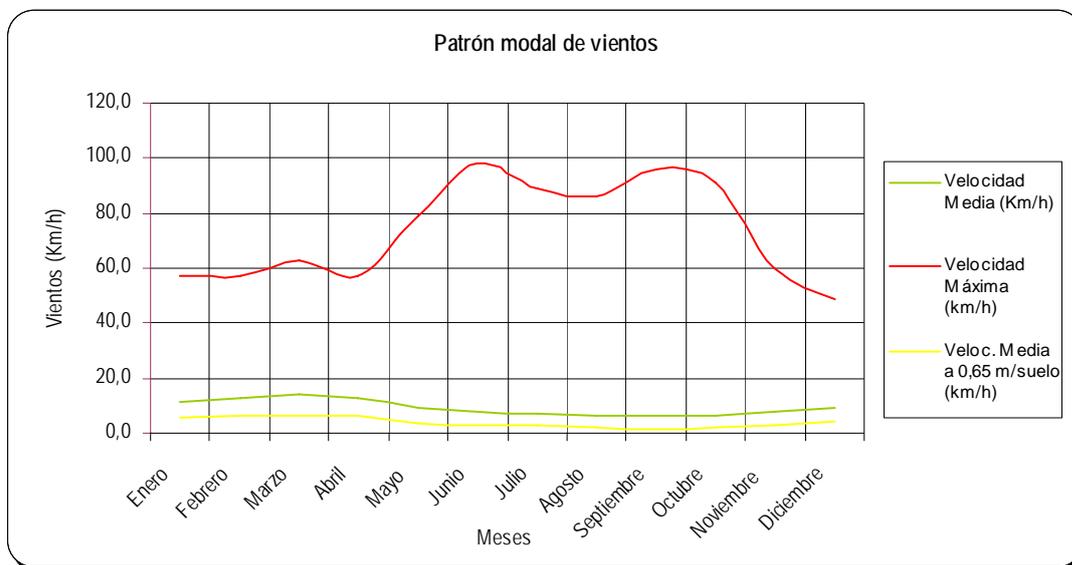


Gráfico 4. Velocidades de los vientos en la estación Guanapito.

Se denotó que las velocidades máximas de los vientos son mayores entre Mayo y Octubre, lo que coincide con el ciclo de altas precipitaciones.

4.1.4. Estado actual de la Cuenca

Mediante una inspección visual se evaluó el estado de la cuenca contribuyente al embalse Guanapito.

La vialidad que permite uno de los accesos a la población de Altagracia de Orituco, se encuentra en muy mal estado, dicha vialidad cruza el Parque Nacional Guatopo, bordea el embalse y sigue hacia Altagracia de Orituco. La carretera de acceso presenta fallas de borde, levantamiento del pavimento, baches y pérdida del material.

A continuación, la figura 15 representa muy bien el escenario que se consigue al transitar por la vía de acceso al embalse.



Figura 15. Falla de borde en la vía. Parque nacional Guatopo. (Fuente propia)

Se hizo una inspección general, recorriendo toda la cuenca, para hacer un reconocimiento visual que permita evaluar las condiciones actuales de cuenca contribuyente, aspectos físicos de la zona y condiciones actuales de los usos de los suelos. En la inspección se puede notar que al recorrer la vía del parque Nacional Guatopo y entrar a la cuenca contribuyente al río Orituco, se observa un cambio brusco en cuanto al paisaje. Se observa la gran deforestación de los bosques en la zona, actividades agrícolas y ganaderas inadecuadas, etc.

Se cuenta con una foto satelital de la cuenca. La zona marrón es terreno deforestado la cual representa casi el 80% de la cuenca, solo la parte alta que pertenece al Parque Nacional Guatopo permanece con vegetación tupida. Se muestra esta foto en la figura 16. Este valor de deforestación resulta alarmante, indica que se debe tomar acción de inmediato.



Figura 16. Foto satelital de la cuenca contribuyente al Embalse Guanapito. (Fuente: Proyecto Río Orituco, Altagracia de Orituco)

En la figura 17 se puede observar la zona deforestada.



Figura 17. Deforestación de la cuenca del río Orituco. Se nota claramente la presencia de cárcavas y pérdida del suelo. (Fuente: Proyecto Río Orituco, Altagracia de Orituco)

La figura 17 evidencia los efectos de la actividad humana en la cuenca. El desarrollo de actividades en esta zona, conllevó a la deforestación de gran parte del bosque que se encontraba en la zona. Esta pérdida de vegetación cambió las relaciones de lluvia – almacenamiento de agua en el suelo y vegetación y escorrentía, trayendo consigo la formación de grandes cárcavas.

La parte inferior de la figura 17 muestra los que fue el bosque original y que cubrió la totalidad de la montaña hoy deforestada.

De igual forma se pudo constatar el gran desarrollo de la actividad agrícola y ganadera, esta actividad, como se ha dicho anteriormente, es una de las principales causas del aumento de sedimentación del río y en consecuencia, el embalse.



Figura 18. Panorámica de la cuenca. Se observa los sembradíos y zonas dispuestas para actividades agrícolas. (Fuente: Proyecto Río Orituco, Altagracia de Orituco)

La figura 19 muestra de cerca la actividad que se desarrolla en la zona.



Figura 19. La actividad ganadera de la zona adyacente al río. (Fuente: Proyecto Río Orituco, Altagracia de Orituco)

En la figura 20 se enseña una panorámica del embalse y de la cuenca contribuyente. Dicha fotografía muestra cómo es el paisaje y da un diagnóstico del estado actual de la zona adyacente al embalse Guanapito.



Figura 20. Panorámica del estado actual de toda la zona adyacente al embalse Guanapito.
(Fuente: Proyecto Río Orituco, Altagracia de Orituco)

También durante la inspección de la cuenca se observaron grandes extensiones de tierra deforestadas mediante la quema, esta técnica de deforestación es muy usada en esta zona y repetida anualmente para combatir plagas. Dicha actividad también deja al descubierto el suelo y por consiguiente en el período de lluvias, este se erosiona fácilmente, aumentando el volumen de sedimentos que tendrán como destino final su deposición en el embalse. A continuación se muestran dos figuras en las que se puede observar zona que se expone con frecuencia a la acción del fuego.



Figura 21. Zona de la cuenca contribuyente deforestada por la quema. Dicha zona fue previamente deforestada y es sometida anualmente a la acción de fuego (Fuente: Proyecto Río Orituco, Altagracia de Orituco)



Figura 22. Detalle de la zona. (Fuente: Proyecto Río Orituco, Altagracia de Orituco)

Por último, la presencia de cárcavas en la zona deforestada es inminente. Las cárcavas son uno de los principales aportadores de sedimentos a los cursos de agua. Dichas cárcavas son el efecto de la debilitación del suelo a gran escala, que al tener un curso de agua que pase por esta zona, se erosiona y arrastra los sedimentos aguas abajo, dejando al descubierto el suelo suelto. Al quedar esta especie de zanja en una zona en específica, su erosión aumenta al llegar las lluvias y es cuando se agudiza la gravedad de este efecto. A continuación se muestran algunas de las cárcavas encontradas en la cuenca contribuyente al río Orituco.



Figura 23. Cárcava encontrada en las adyacencias al río Orituco. Se observa el suelo suelto, que al llegar las lluvias es arrastrado fácilmente hacia los cursos de agua. (Fuente: Proyecto Río Orituco, Altagracia de Orituco)

En la figura 23 se observa la magnitud y gran cantidad de sedimentos que puede aportar una cárcava. Gran parte de los sedimentos observados son gruesos. También es importante hacer notar, que el proceso de corrección de cárcavas es muy complicado, ya que requiere diques con roca, troncos u otro material para fijar el suelo y siembre de gramíneas de raíz profunda. Entonces al tener en cuenta esta solución se complica el proceso, porque el suelo se encuentra suelto y muy débil en nutrientes.



Figura 24. Vista aguas abajo de otra cárcava adyacente a la vía de acceso al embalse. Se observa en la parte superior de la foto la vía de acceso. En periodos de lluvia se supone que todos estos sedimentos bajan hasta la vialidad y bloquean el tránsito. (Fuente: Proyecto Río Orituco, Altagracia de Orituco).

4.2. Estado actual de las estructuras constitutivas del embalse

Para realizar el diagnóstico de las estructuras constitutivas del embalse Guanapito se hizo una inspección en campo y levantamiento fotográfico. En el levantamiento fotográfico se detalló a fondo el estado actual de cada estructura.

El diagnóstico contó con el apoyo del personal operador del embalse, quién aportó una útil narración de la historia de cada estructura, es decir, cambios, reformas, arreglos, mantenimiento, etc.

En la figura siguiente se muestra una panorámica de la configuración del sistema Aliviadero – Presa:



Figura 25. Configuración del sistema Aliviadero – Presa. (Fuente propia).

En la figura 25 se muestra claramente como esta conformado el área donde se encuentra tanto la presa como el aliviadero, en la parte izquierda de la foto se observa el aliviadero. Se notan los estribos de dicha estructura y sobretodo el bajo nivel de aguas al momento de que fue tomada la fotografía, se tiene información de que el nivel de aguas en ese momento era de 428,13 m.s.n.m. En la parte derecha de la foto se ve el estribo izquierdo de la presa y la protección de enrocado. Es importante señalar que la obra de toma sumergida se encuentra a 60 m a la derecha del aliviadero y 65 m hacia dentro del embalse, es decir, si la toma de agua no fuera de fondo se vería en el espacio existente entre el aliviadero y la presa, indicado en la figura 25.

4.2.1. Aliviadero.

Un aliviadero es un canal a cielo abierto que consta de varios elementos para la regulación del nivel del embalse y regulación de crecientes. El aliviadero del embalse Guanapito es un sistema mixto de cimacio y compuertas radiales. Este está formado por un cimacio en la parte baja, hasta cierta altura. El cimacio representa un control para la crecientes que pudieran aparecer durante el año.

Las compuertas permiten almacenar un volumen mayor del normal almacenado hasta la cota de cresta del cimacio, ya que una vez cerradas en su totalidad en nivel de aguas del embalse puede ser mayor y de esta forma aprovechar el volumen acumulado para ser utilizado en la época de sequía. También las compuertas tienen una función doble, ya que pueden ser abiertas para aliviar una creciente extraordinaria en caso de que el nivel de aguas del embalse suba más de lo deseado. En la figura 26 se puede observar las compuertas radiales

El aliviadero se encuentra al este de la obra de presa y al sur del embalse.



Fig. 26. Vista aguas arriba de las compuertas del aliviadero. (Fuente propia)

En la figura 26 se puede observar que las compuertas están en buen estado sin signos de oxidación. Según el relato del operador, funcionan sin dificultad y no presentan problemas para su operación. Lo que si se observó fue el desgaste del concreto en las adyacencias de las compuertas.

En la figura 27 en la parte superior se muestra una foto más detallada de los controles de las compuertas, ubicados sobre la rampa superior de acceso al complejo Guanapito, estas se encuentran en buen estado y no presentan rastro de oxido.



Figura 27. Detalle de la maquinaria controladora de las compuertas y rampa de acceso al embalse Guanapito. (Fuente propia).

En la figura 27 se nota el buen estado de los controles y el constante mantenimiento de estas instalaciones.

El nivel de las aguas estaba lo suficientemente bajo como para permitir el acceso al aliviadero y parte del fondo del embalse. En la figura 28 se muestra el fondo del embalse en las cercanías al aliviadero. El fondo tiene abundante vegetación y escombros.



Figura 28. Vista aguas abajo del aliviadero, foto tomada desde las parte interna del embalse.
(Fuente propia).

La figura 29 muestra las compuertas radiales totalmente cerradas. También se ve una rejilla anterior a las compuertas que se usan para desbastar, es decir, impedir el paso de elementos de gran tamaño que podrían obstruir el espacio de alivio y causar problemas de operación de las compuertas.



Figura 29. Detalle de las compuertas en la parte interna del embalse. (Fuente propia).

La figura 29 muestra un acercamiento a la zona de compuertas. En la parte inferior se nota claramente el cimacio y la rejilla que sirve para impedir el paso de elementos de gran y mediano tamaño. Por otro lado en la parte inferior izquierda cercano al cimacio, se encuentran una serie de grietas causadas por el desgaste, impacto de troncos o sedimentos de gran tamaño. Otra causa de esta anomalía puede ser la erosión causada por las altas velocidades que alcanza el flujo de agua cercano a esta zona y también mal vaciado al momento de su construcción.

En las figuras siguientes se observan las fallas con mayor detalle.



Figura 30. Acercamiento a una de las fallas en las zonas aledañas a las compuertas. Llama la atención que este defecto de vaciado no fue corregido en su momento. (Fuente propia).

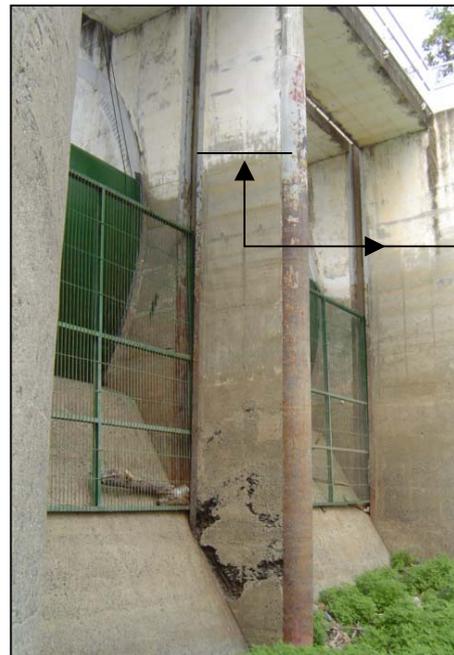


Figura 31. Acercamiento a una de las fallas en las zonas aledañas a las compuertas. (Fuente propia).

En la figura 30 se nota claramente la serie de grietas y desgaste del concreto que conforma la obra de alivio. Se hace evidente el mal estado de esta zona de la obra al quedar descubierto el acero de refuerzo. Un detalle importante de esta imagen es la presencia de elementos de gran tamaño, como lo es en este caso el tronco en la parte derecha de la foto, que se encuentran después del desbaste. A su vez existe una referencia del nivel de agua que llega a alcanzar el embalse en época de invierno, esta referencia es la mancha de agua que se ve unos metros más arriba de la rejilla de desbaste.

La siguiente fotografía refleja la vista aguas abajo de las compuertas.



Figura 32. Vista aguas abajo de las compuertas, donde se observa el inicio del rápido de descarga y al fondo el pozo disipador. (Fuente propia).

En la figura 32 se observa un desgaste del concreto que conforma la estructura, y a la vez, en la visita de campo, se vio como se ha venido lavando el cemento del concreto y dejando en la superficie los agregados en ciertas franjas que se marcan en la foto. Por otro lado se nota también una serie de grietas, que por ahora no implican ningún riesgo a corto plazo.

También se realizó una inspección aguas abajo del rápido de descarga y al pozo disipador de energía. En las siguientes fotos se observa el estado actual del rápido y sus alrededores.

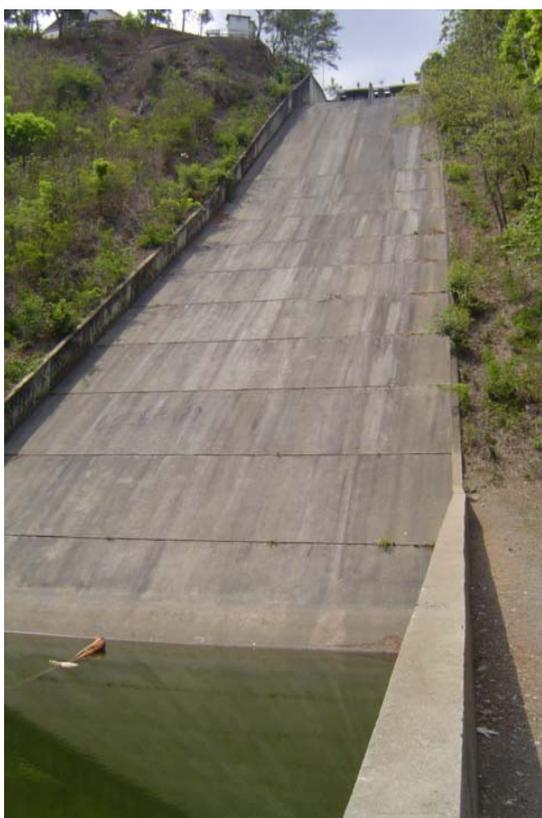


Figura 33. Foto del rápido, zonas aledañas y pozo disipador en la parte inferior. (Fuente propia)



Figura 34. Foto del rápido en funcionamiento y pozo disipador cumpliendo su función. (Tomado de Orituco.com, [Consulta: 2007, Febrero, 03])

En la figura 33 se nota el estado actual de la superficie del rápido, se nota un desgaste en el concreto, específicamente del cemento, dejando en la superficie los agregados. También se nota un leve levantamiento de las placas que

conforman la superficie. Pero en general esta parte de la estructura se encuentra en buen estado.

En la figura 35 se muestra un acercamiento a la superficie del rápido.

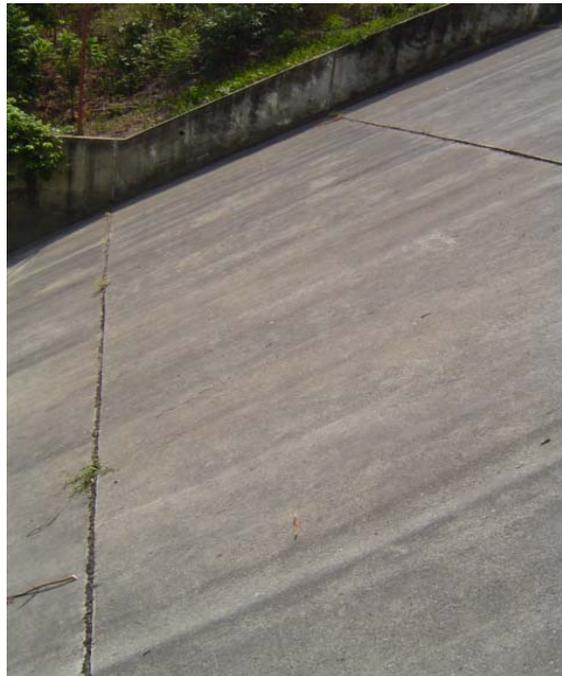


Figura 35. Detalle de la superficie del rápido. Muestra el desgaste del concreto y a su vez el desgaste de las juntas entre las placas que conforman el rápido, esto es consecuencia de las altas velocidades que alcanza el flujo en el rápido. (Fuente propia).

4.2.2. Presa

La presa del embalse Guanapito, es una presa de Tierra Zonificada con protección de enrocado tanto aguas arriba como aguas abajo. La inclinaciones de los taludes son 2,5 H / 1 V aguas arriba y 2 H / 1 V aguas abajo. Posee una altura de 41,0 m de altura y una longitud de cresta de 207,0 m. En la figura 36 se muestra una panorámica de la estructura.



Figura 36. Panorámica de la presa aguas abajo de la misma. (Fuente propia).

En la panorámica aguas abajo de la presa se observa la protección de enrocado y la vegetación que ha crecido en las adyacencias a lo largo del tiempo. No se observaron filtraciones en la presa ni deterioro de la misma.



Figura 37. Detalle del enrocado aguas abajo de la presa y vegetación presente en la misma.
(Fuente propia).

También en la figura 37 se nota la gran cantidad de vegetación presente sobre la cara aguas abajo de la presa.

La figura 38 muestra la vía de acceso a zonas aledañas al embalse en su cresta.



Figura 38. Vía de acceso a zonas aledañas al embalse en la cresta de la presa. (Fuente propia).

Esta presenta gran desgaste en la capa asfáltica, varios baches y piel de cocodrilo. Por contraste con la vía sobre el aliviadero, esta no presenta muestra de mantenimiento. También se nota vegetación invadiendo la calzada.

El talud aguas arriba de la presa también fue inspeccionado, dicho talud, como fue mencionado con anterioridad, está recubierto por enrocado en toda su extensión como se puede observar en la fotografía siguiente.



Figura 39. Talud aguas arriba de la presa. (Fuente propia).

En la figura 39 se observa el enrocado que recubre la presa de tierra, en este se nota presencia de vegetación. En esta parte de la presa no se observaron filtraciones ni grietas, por lo general se encuentra en buen estado. Es importante resaltar la protección de concreto que separa la vía del talud de la presa, esta protección es la representación del borde libre de seguridad para las crecidas del embalse o en otros casos para que alguna ola causada por viento sobrepase la cresta de la presa.

A continuación se muestran otras vistas de la presa y del talud aguas arriba, es decir, la parte que está en contacto directo con el agua del embalse.



Figura 40. Vista lateral del talud aguas arriba de la presa. (Fuente propia).

4.2.3. Tubería de aducción de aguas del embalse

Por ser una torre toma sumergida no se tuvo acceso para evaluar su estado actual, sin embargo se observó la tubería que transporta las aguas extraídas del embalse. Las tuberías presentan secciones corroídas y el concreto de soporte gravemente erosionado.



Figura 41. Tubería de aducción oxidada. (Fuente propia).



Figura 42. Concreto de soporte de tubería deteriorado. (Fuente propia).

4.3. Estimar la altura de sedimentos en la torre toma

4.3.1. Batimetría

En la figura 43 se detallan las transectas realizadas para el levantamiento batimétrico del Embalse Guanapito en el año 2006.

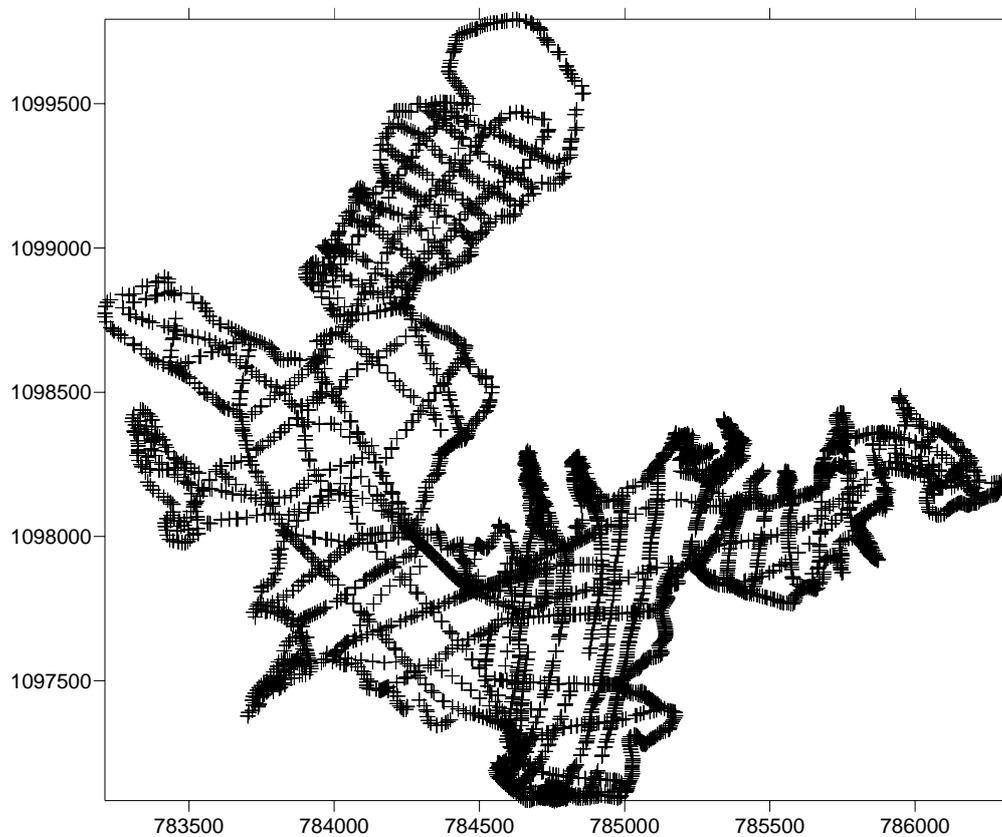


Figura 43. Transectas de batimetría 2006.

El resultado de la representación gráfica de los datos obtenidos en la batimetría es un mapa topográfico del fondo del embalse. Se muestra en la figura 44.

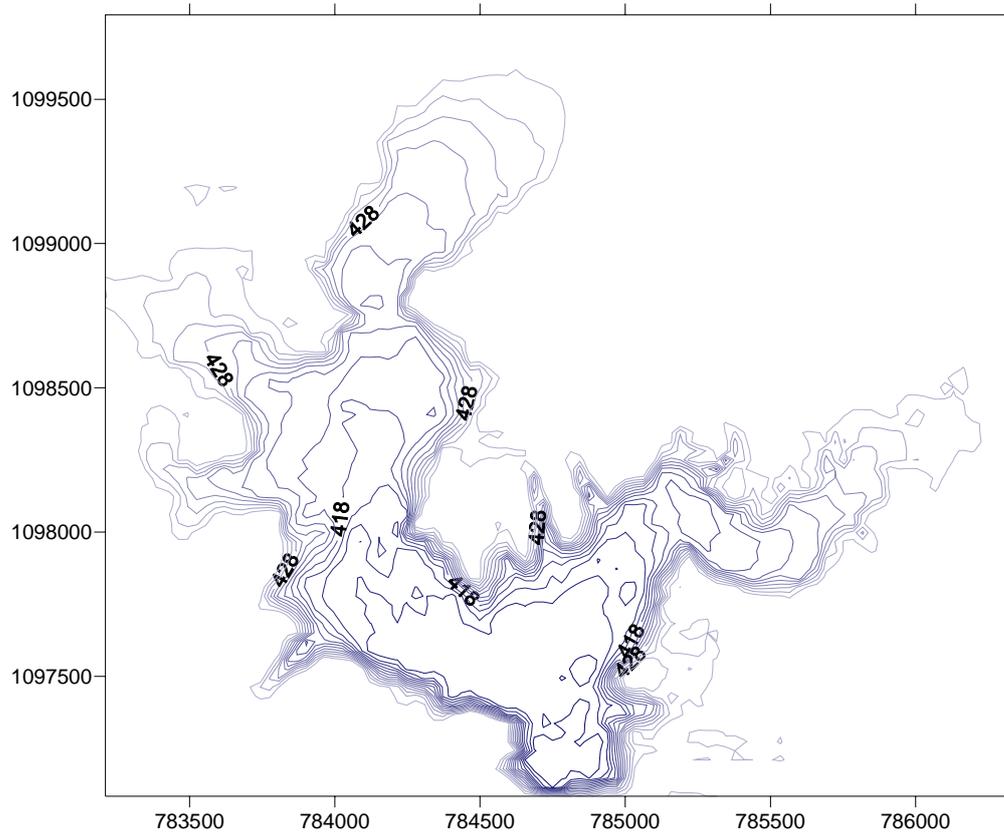


Figura 44. Isóbatas del Embalse Guanapito, obtenidas de batimetría 2006.

En la figura 45 se tiene un modelo tridimensional de los resultados de la batimetría 2006.

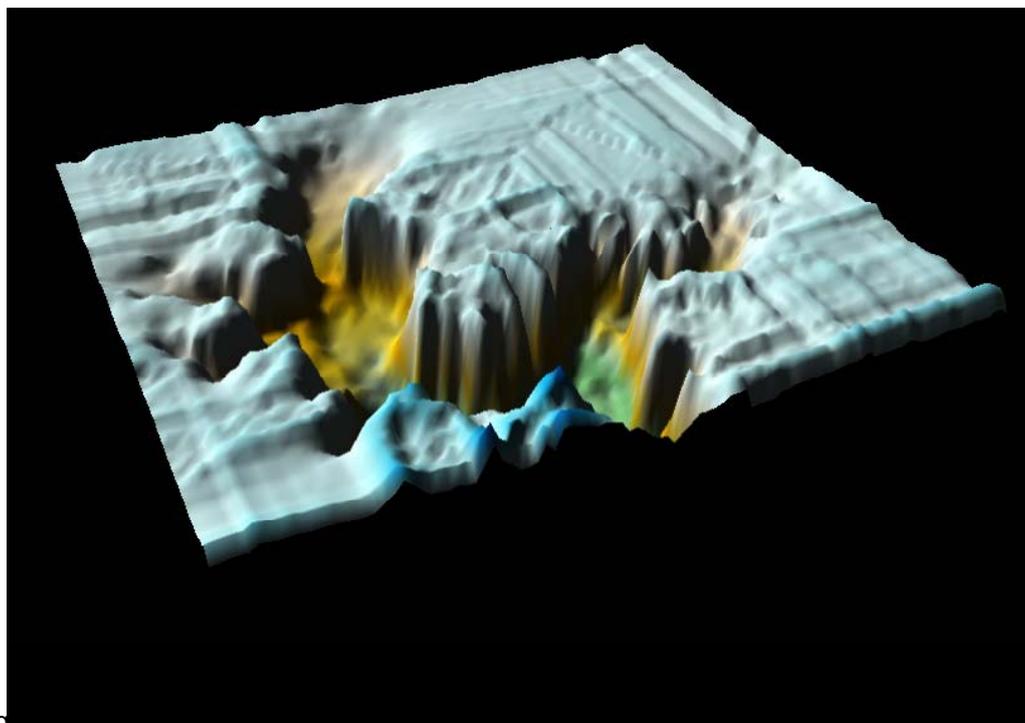


Figura 45. Modelo tridimensional del Embalse de Guanapito, resultado de la batimetría 2006.

Una vez obtenida la topografía del fondo del embalse, dada por curvas de nivel con cotas en m.s.n.m se procedió a calcular la capacidad actual del embalse. Las áreas se toman del plano topográfico.

Tabla 9. Datos altura – área - capacidad de la batimetría realizada en 2006.

DATOS BATIMETRÍA AÑO 2006			
Altura (msnm)	Capacidad (Hm3)	Altura (msnm)	Área (Ha)
409,50	0,000	409,50	0,802
410,00	0,016	410,00	4,884
410,50	0,054	410,50	10,257
411,00	0,127	411,00	19,089
411,50	0,241	411,50	26,504
412,00	0,388	412,00	32,126
412,50	0,561	412,50	37,152
413,00	0,757	413,00	40,986
413,50	0,972	413,50	45,138
414,00	1,205	414,00	48,321

414,50	1,454	414,50	51,065
415,00	1,716	415,00	53,646
415,50	1,994	415,50	57,547
416,00	2,286	416,00	59,405
416,50	2,588	416,50	61,434
417,00	2,902	417,00	63,996
417,50	3,231	417,50	67,536
418,00	3,581	418,00	72,625
418,50	3,959	418,50	78,747
419,00	4,369	419,00	85,273
419,50	4,807	419,50	89,925
420,00	5,268	420,00	94,379
420,50	5,751	420,50	98,591
421,00	6,257	421,00	103,818
421,50	6,786	421,50	107,858
422,00	7,335	422,00	111,761
422,50	7,907	422,50	116,887
422,70	8,114	422,70	121,275
423,50	9,118	423,50	125,340
424,00	9,755	424,00	129,329
424,50	10,412	424,50	133,488
425,00	11,090	425,00	137,467
425,50	11,787	425,50	141,347
426,00	12,504	426,00	145,795
426,50	13,243	426,50	150,310
427,00	13,991	427,00	154,728
427,50	14,793	427,50	159,345
428,00	15,602	428,00	164,373
428,50	16,437	428,50	169,824
429,00	17,299	429,00	174,861
429,50	18,186	429,50	179,942
430,00	19,099	430,00	185,093
430,50	20,038	430,50	190,676
431,00	21,008	431,00	197,135
431,50	22,010	431,50	204,025
432,00	23,049	432,00	211,213
432,50	24,124	432,50	218,893
433,00	25,239	433,00	227,287
433,50	26,401	433,50	237,500
434,00	27,623	434,00	251,110
434,50	28,909	434,50	263,340
435,00	30,251	435,00	273,642
435,50	31,646	435,50	284,045
436,00	33,072	436,00	286,423
436,50	34,551	436,50	305,261

Como se citó antes, luego de obtener el cuadro y obtener capacidades parciales para cada una de las cotas se graficó la nueva curva altura capacidad con las curvas existentes, 1963 y 1995. Dichas curvas se muestran en el gráfico 5. Los datos de la curva original y batimetría 1995 se encuentran en los anexos 3 y 4, respectivamente.

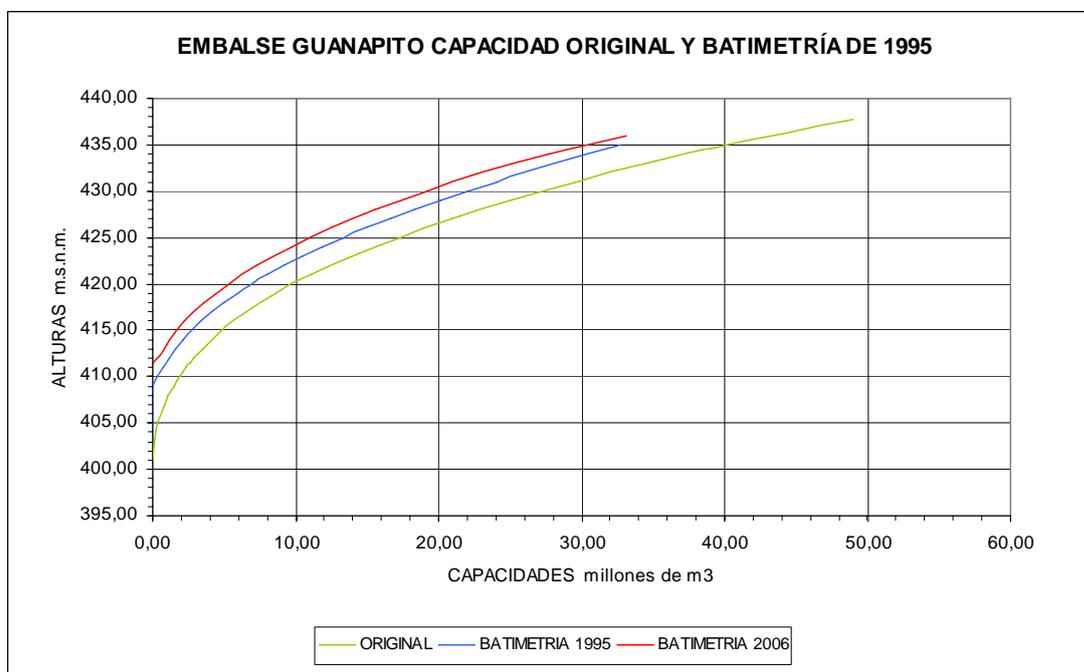


Gráfico 5. Comparación de las curvas altura – capacidad del embalse Guanapito desde su construcción.

Según las curvas del gráfico 5, cuando la capacidad es nula, la altura h_o (altura al pie de presa) es igual a: Ver tabla N° 10.

Tabla 10. Alturas al pie de presa, h_o .

	h_o (m.s.n.m.)
Original, 1963	401,05
Batimetría 1995	409
Batimetría 2006	409,5

La batimetría de 1995 limita la altura a la cual se van a comparar las capacidades. Es decir la cota máxima de la batimetría de 1995 es de 435 m.s.n.m. Es por esto que para calcular la cantidad de sedimento acumulado se va a tomar la cota 435,00 m.s.n.m. para entrar en el gráfico 5 y se le resta a la capacidad original cada capacidad de las batimetrías.

Tabla 11. Capacidades a la altura 435 m.s.n.m.

Años	Capacidad (Hm3)
1.963	40,00
1.995	32,66
2.006	30,00

Tabla 12. Volumen acumulado de sedimento, producto de la resta de la capacidad original menos las capacidades de las batimetrías.

Años	Volumen acumulado de sedimentos (Hm3)
1.963	0,00
1.995	7,34
2.006	10,00

La capacidad de almacenamiento perdida hasta el 2006 representa el 25% de la capacidad total del embalse. Al momento de la realización de la batimetría en el 2006, no se tuvo acceso a las colas del embalse por los bajos niveles de agua y la cantidad de árboles y escombros, por ende, no se registró datos en esta zona. Con esto se infiere que parte de la capacidad perdida en la cola del embalse no se está tomando en cuenta.

La batimetría del año 1995 sirve como punto de comparación en la historia de sedimentación del embalse, dicha curva permitirá tener un punto de control en la proyección de ingresos sólidos en el embalse.

El gráfico 6 muestra la proyección de la sedimentación o aumento de esta a lo largo de los años.

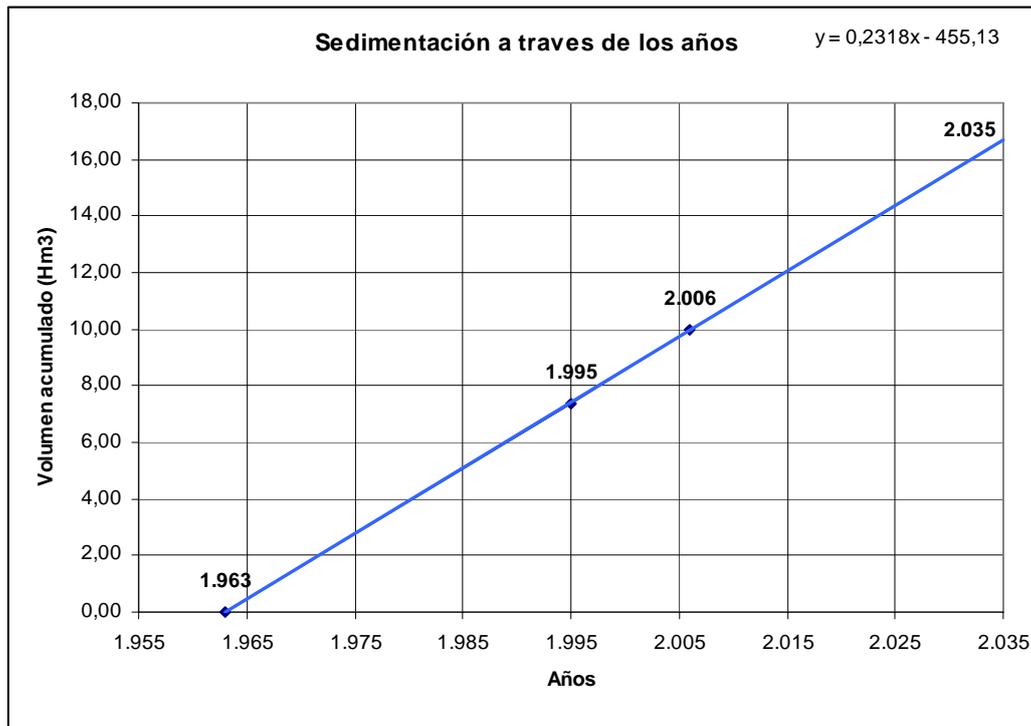


Gráfico 6. Sedimentación a través de los años en el Embalse Guanapito.

4.3.2. Producción específica de sedimentos (P.E.S)

A partir del volumen de sedimentos acumulado para cada batimetría y el área de la cuenca, 180 Km², se calcularon las producciones específicas de sedimentos.

Tabla 13. Producciones específicas de sedimentos.

	Producción específica de sedimentos m ³ /Km ² /año
1963-1995	1.274,31
1995-2006	1.343,43
1963-2006	1.291,99

De los valores de la tabla 13 se puede destacar que a partir del año 1995 la producción de sedimentos aumento

Para el proyecto del embalse fue usada una producción específica de sedimentos de $167 \text{ m}^3/\text{Km}^2/\text{año}$ aproximadamente 8 veces inferior a los valores calculados según los sedimentos acumulados.

Para los cálculos del pronóstico de volumen de sedimentos acumulados para los próximos años se utilizo la producción específica de sedimentos mas desfavorable, es decir, la mayor que es igual a $1.343,43 \text{ m}^3/\text{Km}^2/\text{año}$.

4.3.3. Pronóstico de volumen de sedimentos

Para el pronóstico de volúmenes de sedimentos se utilizo como año base el original 1963.

Tabla 14. Pronósticos de volúmenes de sedimentos.

Área de la cuenca = 180 Km²
 Producción específica de sedimentos = 1.343,43 m³/Km²/año

A partir de 1963

	Años	Volumen de sedimento (Hm ³)	Vol. de sed. (m ³)
2010	47	10,967	10.967.272,7
2015	52	12,176	12.176.363,6
2020	57	13,385	13.385.454,5
2025	62	14,595	14.594.545,5
2030	67	15,804	15.803.636,4
2033	70	16,529	16.529.090,9
2035	72	17,013	17.012.727,3
2040	77	18,222	18.221.818,2

4.3.4. Distribución de sedimentos

Con la distribución de sedimentos se obtiene la nueva curva altura – área – capacidad, que es usada tanto para cálculos actuales como para pronósticos de funcionamiento y eficiencia del embalse.

4.3.4.1. Método del área incremental

A pesar de que este método trabaja sobre una hipótesis que no es real (el sedimento se va a repartir uniformemente en cada cota del fondo del embalse) se desarrolló la distribución de sedimentos como guía y referencia para el otro método, reducción empírica de áreas.

Se realizó la distribución de sedimentos para el año 2006, con el volumen de sedimentos acumulado según la última batimetría, para poder comparar la curva altura – área – capacidad resultante con la curva de dicha batimetría. Se evaluó así la bondad del método de distribución de sedimentos.

En el gráfico 7, donde están las curvas altura – capacidad de la batimetría y de la distribución de sedimentos por área incremental ambas del año 2006, se observa que aproximadamente entre las cotas 415 y 425 m.s.n.m. las curvas se superponen y en el resto de las cotas las curvas son bastante próximas.

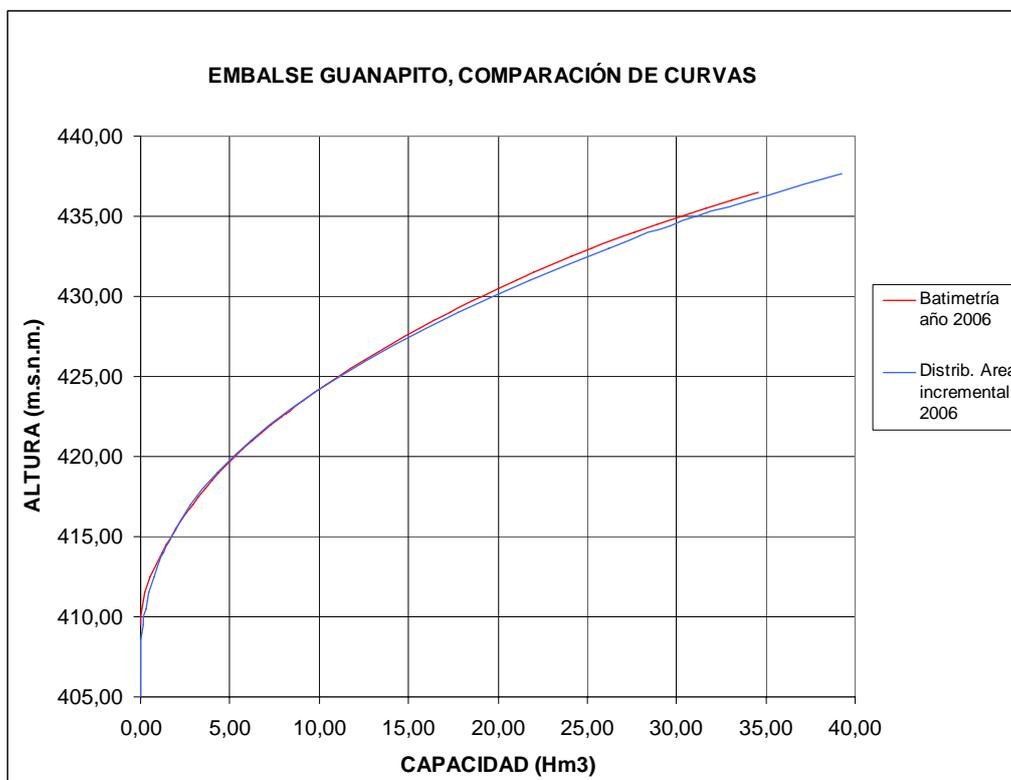


Gráfico 7. Comparación de resultados de batimetría y distribución de sedimentos por área incremental para el año 2006.

Para realizar pronósticos de distribución de sedimentos se usó como año base el 2006, con la nueva curva altura – área – capacidad, producto de la batimetría. Los cuadros de cálculos y resultados se encuentran en el anexo 5.

En la tabla 15 se presentan las alturas al pie de presa, es decir, altura del sedimento en la torre toma, derivación de la distribución para distintos años.

Tabla 15. Altura del sedimento en la torre toma según área incremental.

Año	Altura del sedimento (m.s.n.m.)	Distancia a nivel de aguas muertas (m)
2006	407,50	4,30
2010	409,80	2,00
2015	410,30	1,50
2020	410,65	1,15
2025	410,90	0,90
2030	411,20	0,60
2035	411,50	0,30
2040	412,00	-0,20

Según estos resultados el embalse quedaría inhabilitado por llegar el sedimento a la torre toma entre los años 2035 y 2040.

Las curvas altura – capacidad de cada año, según la distribución por área incremental, para el Embalse Guanapito se encuentran en el gráfico 8.

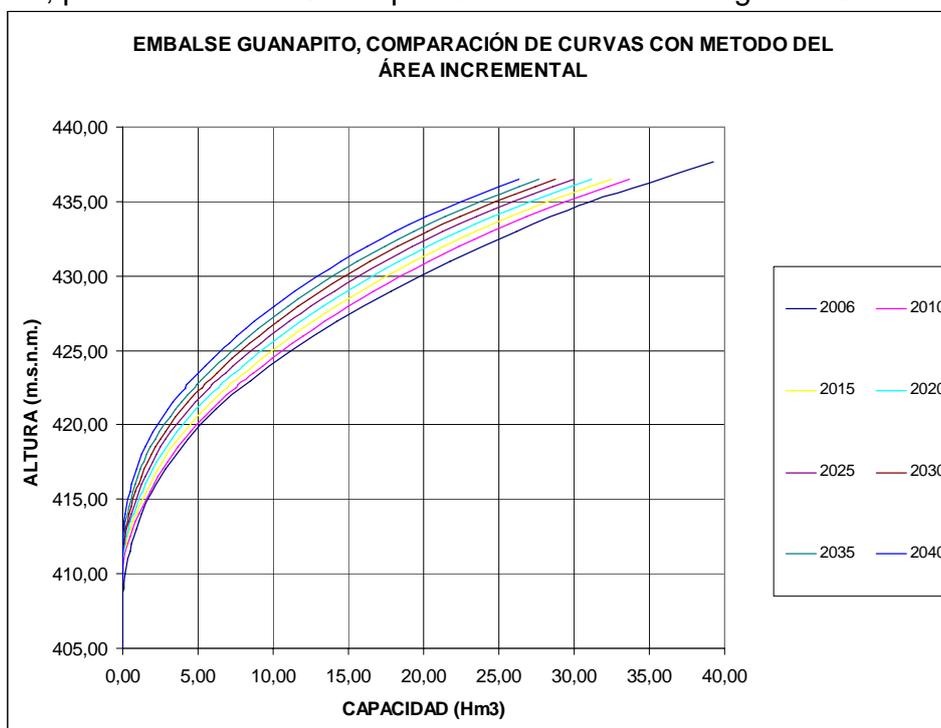


Gráfico 8. Curvas altura – capacidad obtenidas por distribución de sedimentos, área incremental.

4.3.4.2. Método de reducción empírica de áreas

Lo primero que se realizó fue la clasificación del embalse. Para ello se graficó la altura vs. la capacidad original en papel log – log, y se comparó con la figura 8.

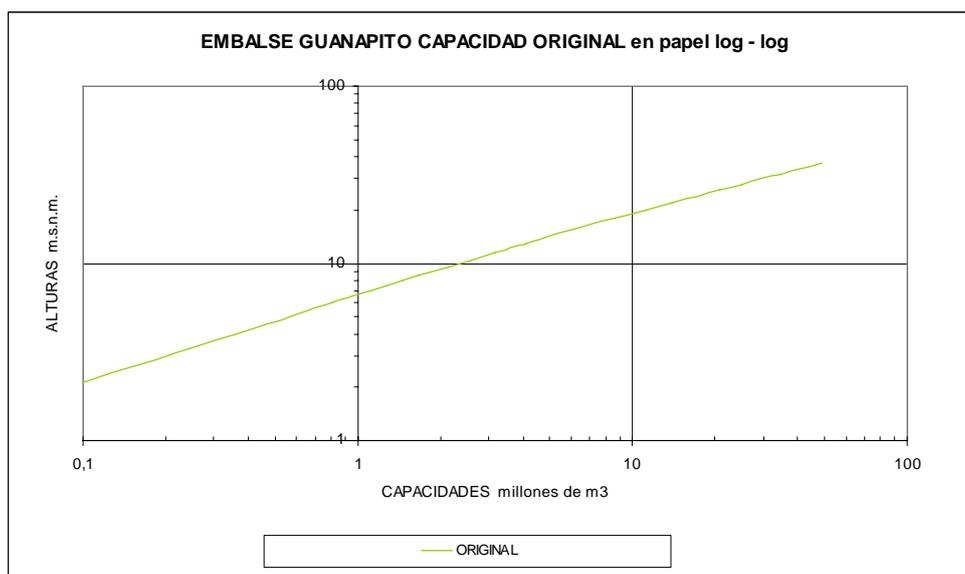


Gráfico 9. Curvas altura – capacidad original en papel log – log.

Al superponer el gráfico 9 con la figura 8, la curva se ubica dentro de los límites para embalses tipo II, muy cercana al tipo III. Es por esto que se realizó la distribución de sedimentos por reducción empírica de áreas para ambos tipos.

Las curvas altura – capacidad provenientes de la distribución para el año 2006 se encuentran en el gráfico 10. El año base usado fue 1963.

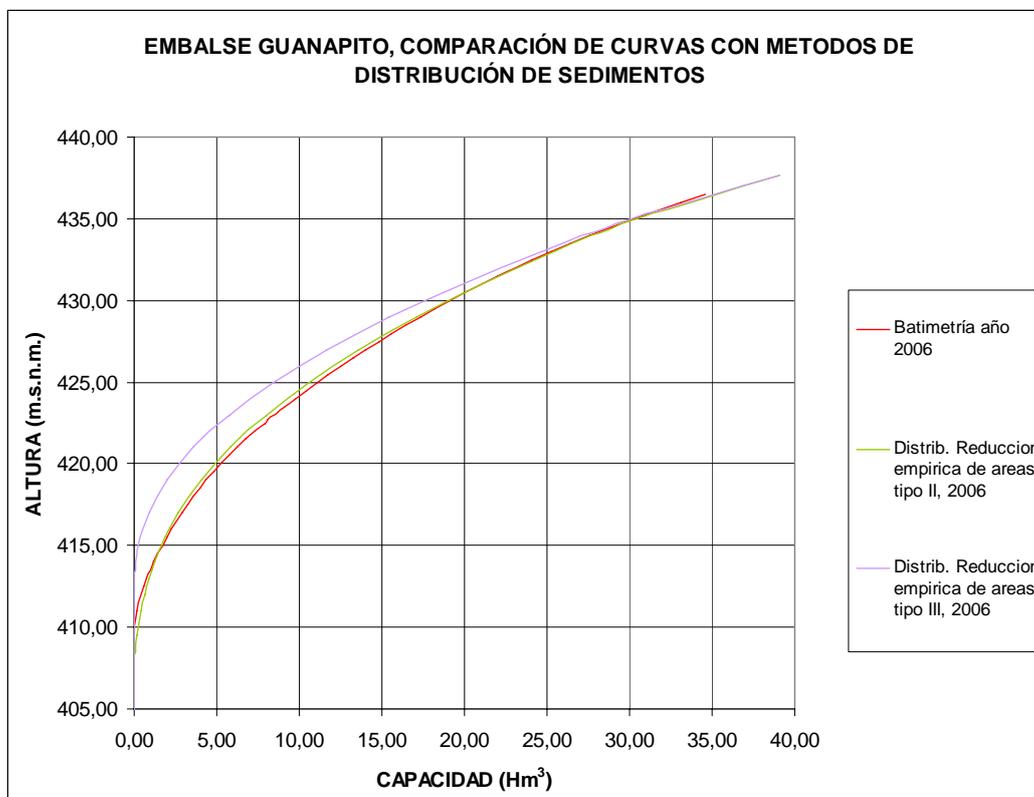


Gráfico 10. Curvas altura – capacidad de batimetría 2006 y obtenidas de distribución de sedimentos por reducción empírica de áreas para embalses tipo II y III.

Se puede resaltar la cercanía de la curva de la distribución para embalses tipo II con la de la batimetría, mientras que la curva para embalses tipo III presenta gran desviación en las cotas bajas donde se deposita el sedimento.

Tabla 16. Altura del sedimento en la torre toma, cuadro comparativo para año 2006.

Nivel de aguas muertas =	411,8	m.s.n.m.	
Cota del fondo del año base (1963) =	401,05	m.s.n.m.	
<u>MÉTODO</u>	COTAS	h _o	Distancia al nivel de aguas muertas
	m.s.n.m.	m	m
REDUCCION EMPIRICA DE AREAS TIPO II	406,00	4,95	5,80
REDUCCION EMPIRICA DE AREAS TIPO III	412,00	10,95	-0,20
AREA INCREMENTAL	407,50	6,45	4,30
BATIMETRIA DEL AÑO 2006	409,50	8,45	2,30

Se desarrollaron los cálculos para pronosticar la distribución de sedimentos según la reducción empírica de áreas para los años 2010, 2015, 2020, 2025, 2030, 2033 y 2040.

En el anexo 6 y 7 se encuentran las tablas de cálculos de la distribución de sedimentos por reducción empírica de áreas para embalses tipo II y III, respectivamente.

El año base utilizado en primera instancia fue el 2006, con el cual no se pudo realizar la distribución de sedimentos, ya que los volúmenes a repartir son muy pequeños. Un aporte de sedimentos del 2,5% del volumen total del embalse, que representa un aumento del nivel de sedimento de un metro, no puede ser distribuido por este método. Las ecuaciones utilizadas en el método fueron creadas experimentalmente con 30 tipos de embalses y condiciones específicas que probablemente no son iguales a las del Embalse Guanapito, y es por esto

que con poco volumen de sedimentos a repartir la ecuación no arroja resultados correctos.

Así que se cambió el año base al 1963 (topografía original). La tabla de cálculos a futuro se encuentra en los anexos 6 y 7, para embalses tipo II y III respectivamente.

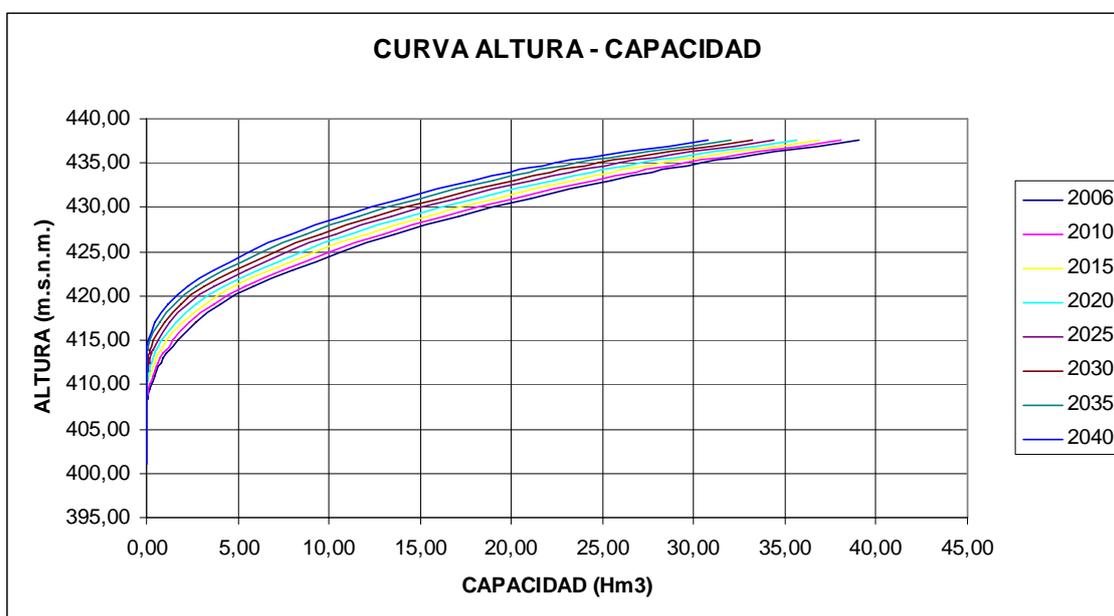


Gráfico 11. Curvas altura – capacidad según la distribución por reducción empírica de áreas para embalses tipo II.

El gráfico 12 compara las curvas de sedimentos reales con los métodos empíricos.

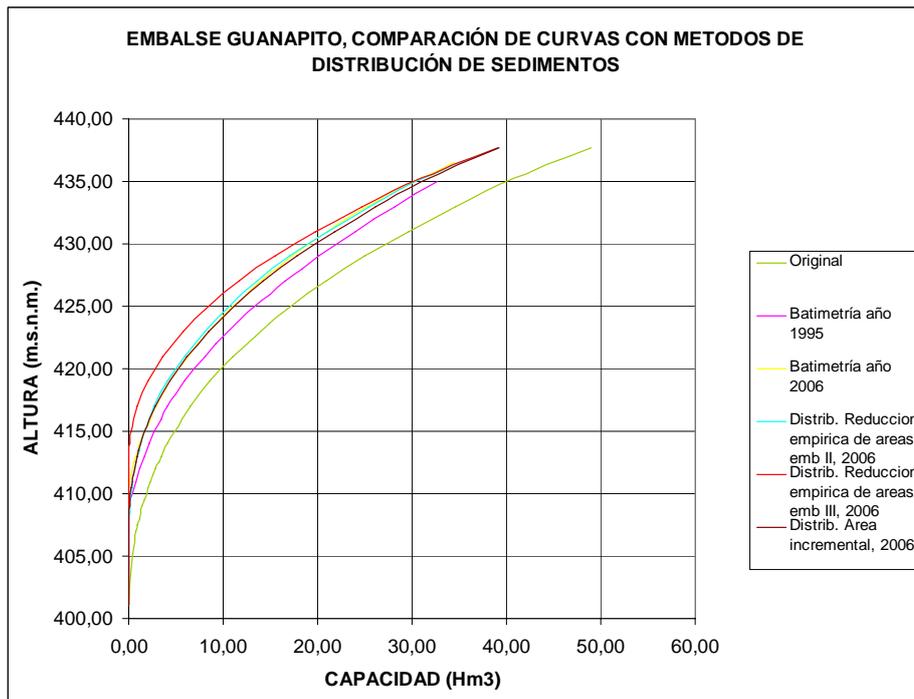


Gráfico 12. Curvas altura – capacidad por distintos métodos.

Con esto se puede afirmar que la distribución de sedimentos que mejor se ajusta a la realidad es la distribución por reducción empírica de áreas para embalses tipo II. En el gráfico 11 se representan las curvas pronóstico según el método seleccionado.

Según éste método los sedimentos llegarán a la torre toma en el año 2033. Luego de que los sedimentos tapen la entrada de la toma, la extracción de agua continuará con una toma flotante.

Al comparar los resultados de la distribución empírica de áreas para embalses tipo II con las batimetrías de 1995 y 2006, las alturas de sedimentos al pie de presa son mucho menores, lo que hace pensar que la vida útil pronosticada puede ser, en realidad, inferior. Esto se muestra en la tabla 17.

Tabla 17. Cuadro comparativo entre resultados de batimetrías y de distribución de sedimentos.

Año	ho según la batimetría m.s.n.m.	ho según la distribución de sedimentos por reduc. Emp. De areas para emb. Tipo II m.s.n.m.
1995	409	405
2006	409,5	406

Al momento de realizar la batimetría en el 2006 no se tuvo acceso a la cola del embalse por los bajos niveles de agua. Es por esto que no se pudo cuantificar el volumen de sedimentos acumulados en la cola. Esto trae como consecuencia errores en el cálculo de la producción específica de sedimentos de la cuenca, siendo menor a la real.

Estas dos observaciones pueden implicar que la vida útil del embalse sea menor a la pronosticada con los cálculos realizados, es decir, inferior al 2033.

4.4. Rendimiento garantizado del embalse

4.4.1. Generación de aportes del río

Los datos para generar los aportes del río se muestran en el anexo 8. Los aportes netos calculados para el Río Orituco se encuentran en el anexo 9.

4.4.2. Movimiento de embalse

4.4.2.1. Actual:

Se usó como curva altura – Capacidad la curva resultado de la batimetría 2006. La tabla de cálculos del movimiento de embalse para el año 2007 se muestra en el anexo 10.

En las tablas 18 y 19 se encuentran los resultados del movimiento de embalse. El caudal garantizado va a ser el que produzca una falla en el embalse, es decir, que el nivel de agua llegue una vez al nivel de aguas muertas. La falla en un embalse indica el mes en el cual no podrá suministrarse el caudal previsto.

Tabla 18. Altura del sedimento en la torre toma, cuadro comparativo para año 2007.

Cota a nivel normal (msnm)	437,7	Cota a nivel muerto (msnm)	411,8
Volumen a nivel normal (Hm3)	38,73	Volumen a nivel muerto (Hm3)	0,3285
Volumen medio aportado (Hm3)	4,69	Volumen anual de aportes (Hm3)	56,3
Volumen medio demandado (Hm3)	3,23	Volumen anual de alivio (Hm3)	19,7
Probabilidad de falla mensual (%)	0,32	Volumen anual de demanda (Hm3)	38,8
Probabilidad de alivio mensual (%)	23,30		

Tabla 19. Caudal y volumen garantizado actual.

Volumen mensual garantizado (Hm3)	2,670
Caudal garantizado (m3/s)	0,997

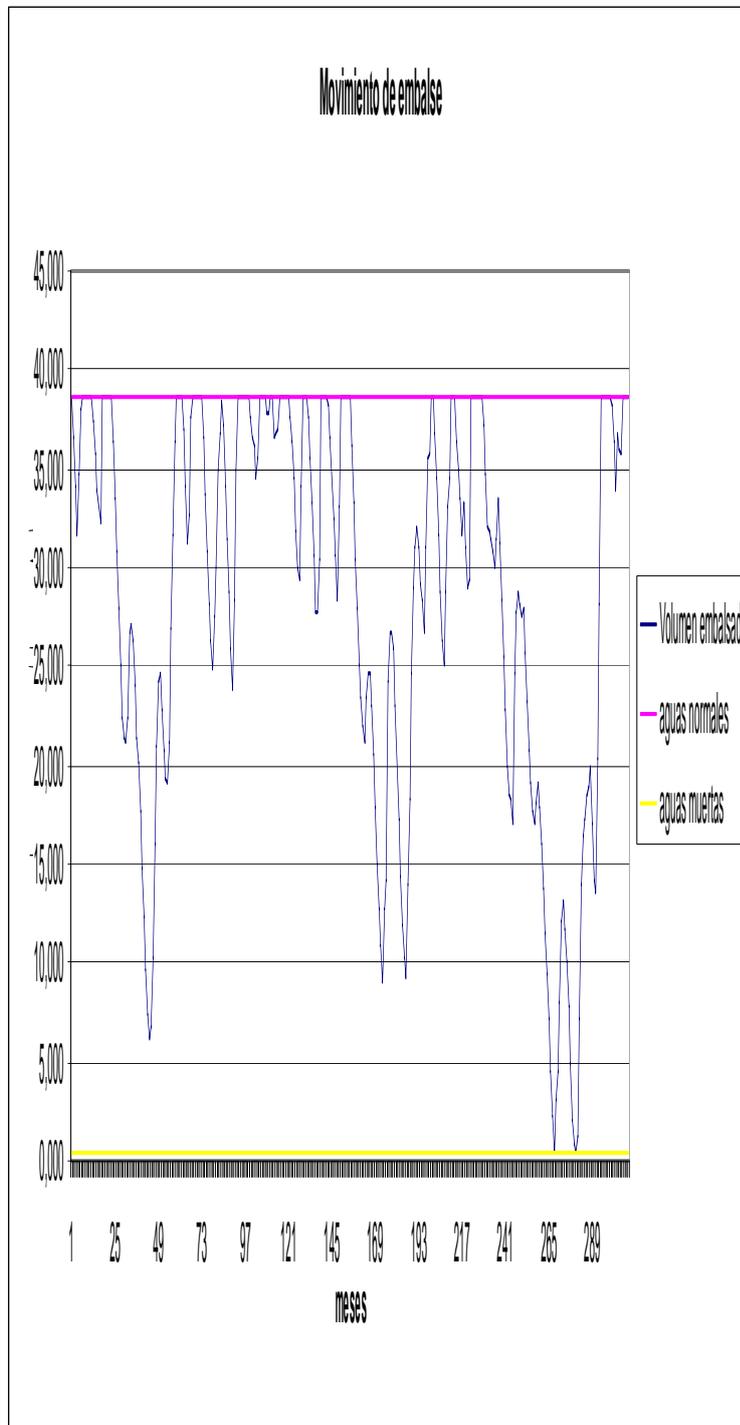


Gráfico 13. Movimiento de embalse para el año 2007

4.4.2.2. A futuro:

Para los movimientos de embalse de los años 2010, 2015, 2020, 2025, 2030 y 2033 se utilizaron las curvas altura – capacidad resultantes de la distribución de sedimentos por reducción empírica de áreas para embalses tipo II.

Los gráficos de los movimientos de embalse para los distintos años futuros se encuentran en el anexo 11.

Los caudales y volúmenes garantizados se muestran en la tabla 20:

Tabla 20. Caudales y volúmenes garantizados.

Año	Caudal garantizado (m ³ /s)
2007	0,997
2010	0,997
2015	0,996
2020	0,986
2025	0,975
2030	0,964
2033	0,959

Según los 25 años de registros de los caudales extraídos por la torre toma en el embalse y los caudales garantizados calculados, se puede afirmar que el 53,7% del tiempo para el último año (2033) el embalse no va a suplir el caudal demandado.

El gráfico 14 representa el rendimiento garantizado actual y futuro del Embalse Guanapito.

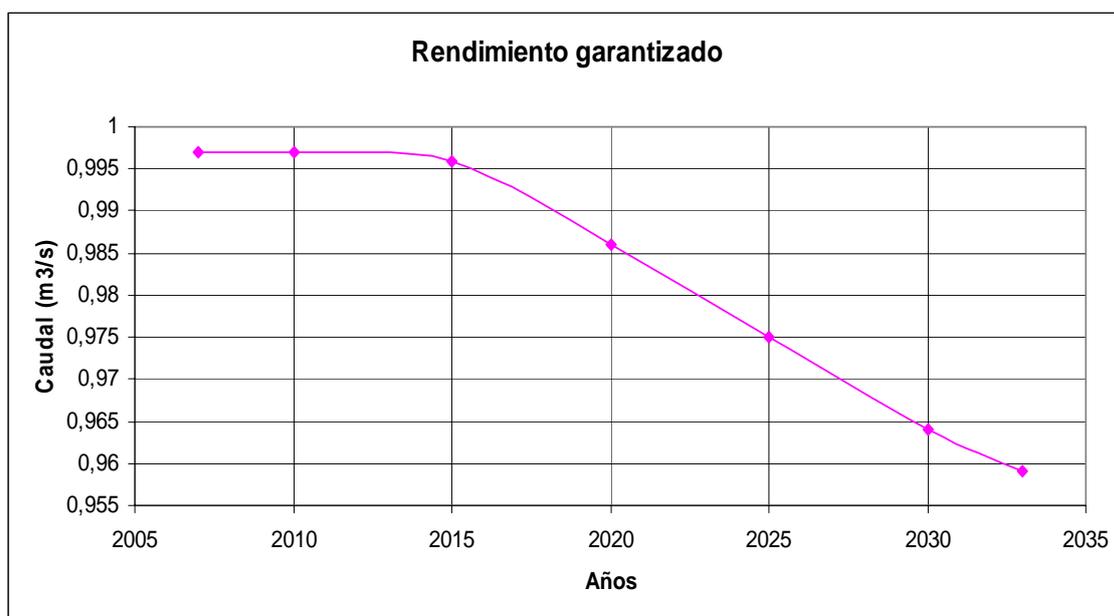


Gráfico 14. Rendimiento garantizado actual y futuro.

4.5. Posibles soluciones

En este punto se desarrollan las posibles soluciones a la sedimentación del Embalse Guanapito, con el fin de prolongar su vida útil.

Las condiciones actuales de deterioro de la cuenca hacen necesario incluir como una solución el tratamiento y recuperación de la misma. Por otro lado, en cuanto al tratamiento del embalse, se plantean dos posibles soluciones: el dragado y la sobre elevación de la cresta del embalse.

4.5.1. Tratamiento de la cuenca

Cualquier acción que se tome para la recuperación de la capacidad perdida en el embalse debe ir acompañada por el tratamiento y rescate de la cuenca.

Esta solución manifiesta los resultados a largo plazo y requiere del esfuerzo tanto de las autoridades como de los pobladores.

El desarrollo desordenado de la agricultura y pastoreo y el impacto que esto ha conllevado en la cuenca hace necesario reestructurar la distribución de las actividades que se realizan en la misma. Por esto es beneficioso aleccionar a los agricultores y ganaderos sobre el terraceo, rotación de cultivos, uso de surcos horizontales y otras prácticas conservativas.

La estabilización o recuperación de las cárcavas existentes en la cuenca es difícil y muy costoso. Precisa la construcción de pequeños diques y la plantación de vegetación como gramíneas de raíz larga.

En la gran cantidad de zonas deforestadas debe plantarse vegetación que estabilice el terreno y no sean de fácil arrastre por efecto de la escorrentía.

4.5.2. Dragado del vaso de almacenamiento

La técnica de dragado es una de las primeras soluciones que se piensan al presentarse problemas de sedimentación de un embalse. Dicha solución se torna complicada al momento de hacer estimaciones de costos. Sin embargo el dragado es el único método que permitiría una recuperación total del vaso de almacenamiento.

Al estudiar la factibilidad de emplear el dragado de un embalse, como una posible solución es necesario conocer la cantidad de sedimento que esta entrando al mismo. Como se citó en los análisis de resultados el aporte de sedimentos del río Orituco, esta en le orden de 240.000 m³/año. Esta información es necesaria al momento de escoger el tipo de draga con que se va a trabajar y cuanto será la extracción por año.

Luego de definir los aportes sólidos del río se debe organizar un plan de extracción regulado, ya que el sacar todos los sedimentos acumulados desde el año de inicio de funcionamiento del embalse, tiene un costo muy elevado y el volumen de sedimentos a extraer es inmanejable. Es necesaria la planificación del dragado, a fin de lograr extraer la totalidad de los sedimentos que aporta el río en un año, a partir del inicio del dragado y parte de los acumulados en el vaso de almacenamiento. Como ejemplo de lo anterior se puede enunciar lo siguiente; si se tiene un aporte de sedimentos del río Orituco de 240.000 m³/año, se puede planificar una extracción de 400.000 m³/año, de esta forma se logra dragar la totalidad de los nuevos aportes y parte de los ya depositados. Esta técnica resulta ser mucho más económica que el dragado completo del embalse, teniendo como diferencia el periodo de tiempo en que se realizará. Al cabo de un tiempo de aplicar el método antes citado, se habrá recuperado gran parte del volumen útil del embalse a un costo considerable.

Con la técnica anterior se evidencia que la aplicación de un dragado sería una solución a largo plazo.

Parte importante a considerar en un proceso de dragado, es encontrar zonas aledañas donde confinar el material dragado. Existen varias posibilidades, una opción es encontrar un terreno cercano, el cual tenga capacidad de alojar todos

los sedimentos extraídos y no cause un impacto negativo a la flora y fauna del sitio.

Otra de las posibles soluciones para depositar los sedimentos extraídos, es colocar estos en el cauce del río aguas abajo de la presa. Esta técnica tiene que ser bien estudiada a fin de no causar efectos negativos en dicho cauce o cambiar la dinámica sedimentaria del río. El primer punto a tomar en cuenta es la capacidad actual del río aguas abajo de arrastrar los sedimentos depositados. Si el río posee la capacidad necesaria sería una medida conveniente la antes planteada. Sino se tendría que estudiar la forma de combinar el depósito de sedimentos en zonas aledañas con el depósito en el cauce del río.

Es de gran importancia, al momento de plantear el dragado como posible solución, el estimado de costo de su realización así como también una comparación del beneficio que trae su aplicación a la población de Altagracia de Orituco, contra el costo que sitúa ante el ente rector del Embalse Guanapito.

Otra técnica de dragado es la que se enuncia a continuación.

Dragado hidráulico: esta modalidad aprovecha la energía que proporciona la altura de agua disponible en el embalse. En este dragado, que resulta más económico que el anterior, se utiliza un cortador o simplemente una tubería desprovista de cabezal, la cual actúa como succionador aprovechando la altura de agua para captar los lodos o sedimentos de fondo los cuales están depositados en el fondo del embalse. Este mecanismo funciona como un sifón, arrastrando corrientes de agua y junto con ellas los sedimentos suspendidos y de fondo.

La utilización de un cortador estaría condicionada al estado en que se encuentran los sedimentos en el fondo del lecho. Como es supuesto en la parte cercana al área de la presa los sedimentos son limos y arcillas; sedimentos que entran en un proceso de consolidación por efecto del peso propio y del peso del cuerpo de agua. Entonces teniendo esto en cuenta se tendría que utilizar un cortador en el área adyacente a la presa, toma y aliviadero.

Esta técnica reduce considerablemente los costos en cuanto a maquinarias y combustibles. Esta técnica es utilizada por lo general en embalses de pequeñas dimensiones.

4.5.2.1. Inconvenientes en la técnica de dragado

El dragado presenta inconvenientes de varios tipos, esta técnica necesita un área cercana a la obra donde se puedan depositar los sedimentos que son extraídos del fondo del embalse. También se necesitaría un curso de agua de envergadura, aguas abajo de la obra, para poder depositar los sedimentos y que el mismo curso de aguas los arrastre de la zona del embalse.

Por otro lado se tienen los problemas ambientales que podría tener la deposición de sedimentos aguas abajo o en las zonas cercanas al embalse.

Para finalizar, sabemos que el dragado necesita de un tiempo considerable para hacer sus operaciones y finalizar a cabalidad su fin, esto trae como consecuencia una interrupción de la operación del embalse, ya que mientras se esta dragando la zona adyacente a la obra de toma, no se puede extraer agua del mismo. Y se sabe que la zona cercana a la obra de toma es la zona donde hay mayor concentración de sedimentos y donde tiene mayor importancia hacer el dragado.

4.5.3. Sobre elevación de la cresta del embalse

4.5.3.1. Sobre elevación de la cresta de la presa

Sobre elevar la cresta de la presa es una opción factible al menos topográficamente, tomando en cuenta las condiciones físicas, geológicas y económicas, que se requieran. Esta medida implicaría subir la cota de aguas normales del embalse, teniendo como consecuencia un aumento notable del volumen útil del embalse.

Se tiene que revisar la topografía y geología actual de la zona de presa, en especial en los estribos de la misma, ya que elevar la cota de presa tendría como consecuencia una carga pronunciada a los mismos.

Es necesario hacer un estudio hidrológico actual de la zona, ya que se tendría que realizar un tránsito de crecientes a fin de estimar la diferencia de cota entre la nueva cresta del cimacio y la cresta de la presa. Esta diferencia proyecta la ganancia en volumen al realizar la sobre elevación del dique, contra uno de las principales funciones de un embalse, que es el control de crecientes.

La sobre elevación de la cresta de la presa lograría compensar el volumen perdido por sedimentación. Sobre elevar el nivel de aguas normales de una cota de 437.7 m.s.n.m a una cota de 441.5 m.s.n.m lograría un almacenamiento adicional de 15 millones de metros cúbicos. Con esta sobre elevación también es necesaria una elevación del cimacio del aliviadero o en su defecto una reubicación dependiendo de la topografía. Por último la cota de la cresta quedaría a 443 m.s.n.m, esta altura toma en cuenta el borde libre actual, por lo que el embalse seguiría sirviendo para control de crecientes del río Orituco.

A continuación se nombran una serie de aspectos y dificultades a ser tomadas en cuenta al momento de sobre elevar la cota de la presa.

- Estudiar a fondo la topografía de la zona, a fin de que esta acción no conlleve a elevados costos al momento de la construcción.
- Analizar la topografía hacia las colas del embalse, ya que al sobre elevar la cresta, el área inundada sería mucho mayor, y se tendría que ver si hay o no poblaciones cercanas a esta área.
- Saber si se cuenta con la capacidad de almacenar el volumen adicional que tendrá el embalse al realizarse esta acción.
- Revisar si el terraplén presenta condiciones de fundación, drenaje y estabilidad, para poder soportar las nuevas condiciones de carga hidráulica.

A continuación se muestra la figura 46, que muestra como sería una sobre elevación de la cresta de la presa y como sería el proceso para su construcción.

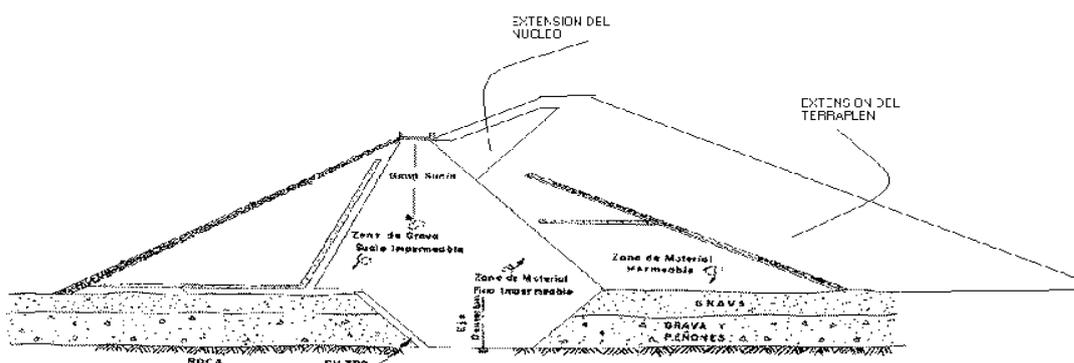


Figura 46. Ejemplo de sobre elevación del terraplén de presa con núcleo inclinado hacia aguas arriba y con núcleo central. (Gaspar, 2002).

4.5.3.2. Elevación de la obra de toma

Como se citó anteriormente la sobre elevación de la cresta tendría como consecuencia una sobre elevación de la obra de toma. En el embalse Guanapito la obra de toma es del tipo sumergida, y por consiguiente el nivel de aguas muertas esta dado por la cota inferior de la rejilla de extracción de agua. Al sobre elevar la obra de toma se estaría aumentado el nivel de aguas muertas, dejando un volumen libre para la sedimentación futura.

La principal propuesta al momento de elevar la obra de toma sería una solución múltiple, que implicaría una nueva obra de toma a un nivel más elevado que el actual y la obra de toma actual serviría como descarga de fondo. Esta descarga de fondo tendría la utilidad de aliviar crecidas y a su vez expulsar los sedimentos cuando lleguen a la cota de 411.5 m.s.n.m., que es la cota actual de la descarga de fondo. El sistema planteado estaría conformado por una tubería desplazable que se introduciría en la obra actual y a su vez unida con un vástago a un sistema hidráulico sumergido.

En el sistema planteado, la tubería externa estaría dotada de orificios hasta la altura del anterior nivel de aguas normales. Al desplazarse hacia arriba la tubería interna, se le permite el paso a las aguas turbias que se encuentran en el fondo del embalse cercanas a la toma y quedaría bloqueada la nueva entrada de aguas en el nuevo nivel de aguas normales. Al desplazarse hacia abajo, se le da paso a las aguas claras que se encuentran en el nuevo nivel de aguas normales y quedaría bloqueada la entrada a través de los orificios de la tubería externa. La figura 47 muestra el sistema planteado.

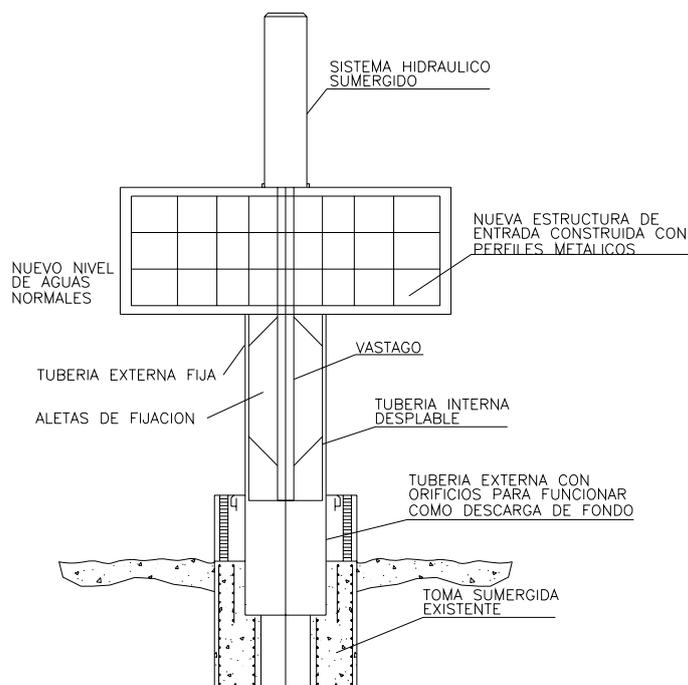


Figura 47. Estructura anexa con dispositivo móvil para funcionar como descarga de fondo. El gato hidráulico mediante el vástago, desplaza la tubería interna para abrir o cerrar las descargas de fondo. (Gaspar, 2002).

En la figura 47, se nota claramente el sistema, el cual propone que al elevar la nueva toma, queda descubiertos los orificios de la vieja estructura, extrayendo las aguas turbias, actuando como descarga de fondo. Y al bajar la nueva estructura, esta empezaría a trabajar como obra de toma, teniendo alrededor solo aguas claras dispuestas para el sistema de acueducto y riego.

4.5.3.3. Elevación del aliviadero

El Embalse Guanapito posee un aliviadero Perfil – Creager, controlado por dos compuertas radiales. Al sobre elevar la cresta de la presa necesariamente se

debe sobre elevar el aliviadero. Por ser un aliviadero de compuertas no es posible sobre elevarlo, es por esto que tendría que reubicarse el aliviadero, construyéndolo de nuevo en otro sitio. Es un procedimiento muy costoso el demoler y construir otro aliviadero de este tipo, por lo que se recomienda construir un aliviadero de cimacio sin regulación.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El desarrollo equilibrado de un país requiere una distribución de la población acorde a los recursos naturales existentes. De allí la necesidad del aprovechamiento de los recursos naturales disponibles. Siendo el agua un recurso natural fundamental debe garantizarse su suministro a futuro. De allí la importancia de las obras para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos.
- Una de las técnicas mas usadas para el almacenamiento de agua es la construcción de embalses, es por esto que son de vital importancia para asegurar desarrollo y calidad de vida. Encontrar un lugar geográfico adecuado para la formación de un embalse es difícil, los buenos sitios para la construcción de embalses ya han sido ocupados. Un sitio de presa, es un recurso natural no renovable, por ello, es importante alargar la vida útil de los embalses ya construidos.
- La cuenca del río Orituco, es una muestra del daño hecho por actividades humanas no acordes con el correcto uso de los recursos naturales. El estado de la cuenca es crítico, con una deforestación del 80% de la superficie total. La destrucción de la vegetación para generar tierras agrícolas y pecuarias, produjo una degradación en la calidad de un recurso fundamental como lo es el agua. Finalmente el daño sobre el mismo suelo, consecuencia de haber eliminado la vegetación, degradó igualmente el suelo, resultando finalmente de poco provecho tanto para los cultivos como para la ganadería.
- La batimetría realizada muestra que por debajo de la cota 436,50 m.s.n.m. hubo una reducción del 25% de la capacidad del vaso de almacenamiento. La altura de sedimento, según la batimetría, está en la cota 409,50 m.s.n.m. a pie de presa. Queda por evaluar el sedimento depositado por arriba de esta cota, en especial, en la cola del embalse, donde queda depositado el sedimento grueso, arenas y gravas.

- En el recorrido hecho por la cuenca y la inspección detallada de las cárcavas, se pudo observar que una fracción considerable de los sedimentos es gruesa. También se observó que gran parte de los sedimentos que aporta la cuenca se acumulan en los valles de la zona, modificando la topografía. El resto de los aportes sólidos que llegan al embalse, tienen una alta fracción gruesa que se deposita en la cola, formando deltas. Los finos avanzan en forma de corrientes de densidad hasta el sitio de presa y obra de toma, depositándose casi totalmente en el fondo del embalse.
- La distribución de sedimentos por reducción empírica de áreas se realizó a partir de la topografía original, con el volumen de sedimentos acumulados hasta la batimetría del 2006, y no con las curvas de dicha batimetría. Este método parece no ajustarse cuando el volumen de sedimento a repartir es pequeño.
- Con el método seleccionado como el que mejor se aproxima a la realidad (batimetría), reducción empírica de áreas para embalses tipo II, se estima que los sedimentos lleguen a la torre toma en el año 2033. Sin embargo, por no tomar en cuenta el volumen de sedimento en la cola del embalse para los cálculos previos, es posible que la vida útil sea mucho menor.
- El rendimiento garantizado actual es de 0,997 m³/s y para el 2033 el rendimiento es 4% menos. Es decir, en el 2033 el 53,7% del tiempo el embalse no va a suplir el caudal demandado. Esto de acuerdo a las estimaciones de sedimentación a futuro, hechas con los resultados de la batimetría.
- En general, las estructuras constitutivas del Embalse Guanapito se encuentran en buen estado. Ciertas zonas del aliviadero y la tubería de aducción necesitan mantenimiento, como lo son el canal rápido que presenta desgaste y una de las pilas laterales a las compuertas que presenta cangrejas en el aliviadero y zonas con óxido y las estructuras de soporte.

- Los procedimientos utilizados para la realización de esta investigación pueden ser extrapolados a otros embalses.
- La topografía permite una sobre elevación del embalse al menos unos seis metros. Se requieren los estudios de geología y condiciones internas y de fundaciones de la presa.

5.2. RECOMENDACIONES

- Es de carácter urgente implementar planes de recuperación de la cuenca. Para ello es aconsejable la reforestación con especies autóctonas de la zona y el control de cárcavas con obras que permitan fijar la vegetación y establecer nuevos cursos de agua estables. Para una mayor eficiencia de ésta acción ineludible sería provechoso integrar a la población de la región.
- De igual manera se debe instruir a esta población para que pueda manejar cultivos y ganadería con métodos conservacionistas, acordes con las particularidades de la región.
- Es necesario aumentar la cantidad y mejorar la calidad de los registros tomados en cuencas, ríos o embalses, ya sean hidrológicos, de aforos, geológicos, etc. De ello va a depender la certeza de las predicciones de los modelos matemáticos utilizados y posibilidad de estudios con precisión semejantes al realizado, solo así se podrá conocer a futuro las disponibilidades reales de agua.
- Se debe dar continuidad en los estudios batimétricos en el embalse Guanapito, para llevar un registro en el tiempo del progreso de la sedimentación en el mismo. Se obtiene así la información necesaria para predecir la sedimentación en el futuro y determinar como disminuye el rendimiento del embalse.
- La batimetría realizada en el año 2006 se limitó a las zonas con acceso en lancha, las colas del embalse no se pudieron levantar por los bajos niveles de agua. Es importante complementar las batimetrías con levantamientos topográficos para tener una estimación precisa de la totalidad de sedimento acumulada en el embalse.

- Se debe inspeccionar periódicamente las obras constitutivas del embalse, para así asegurar su adecuado funcionamiento y alargar la vida útil de cada una de ellas.
- Para el desarrollo del movimiento de embalse se trabajó bajo la premisa de que los 25 años de registros hidrológicos (evaporación, precipitación, filtración, aportes del río) se van a repetir exactamente igual los próximos 25 años, lo que es improbable. Es aconsejable que para obtener resultados más precisos se realicen trazas sintéticas de dichos parámetros.
- Aparentemente la solución de sobre elevación de la presa es la más atractiva, sin embargo se debe hacer un estudio económico y de factibilidad técnica de cada una de las soluciones planteadas.
- Es conveniente instruir al personal operador del embalse para que realicen las batimetrías en forma más frecuente. Debe entenderse como una actividad que forma parte del mantenimiento de las obras. Se evita así la contratación de estas actividades, sujetas a procesos administrativos, que por motivos legales conducen a que se realicen las batimetrías con niveles de agua por debajo del nivel de aguas normales.
- Se deben promover los trabajos de investigación de estos tipos apoyados por la Universidad Central de Venezuela y realizados por los tesisistas, lo que provee información valiosa a un costo ínfimo.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Arroyo P.F, (1971). Distribución de sedimentos en embalses. Caracas. Páginas 1-4, 15-21.
- [2] Bolinaga, J. (1999). Proyectos de Ingeniería Hidráulica, Volumen 1. Caracas. Fundación Polar.
- [3] Brown J. Colling A, James R. Park D., Phillips J., Rothery D. and Wright J(Bearman G. 1989, 2005 2º ed. Oceanography Course. Disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/Batimetr%C3%ADa>. [Consulta: 2007, Mayo 15].
- [4] Centro Nacional de Datos Hidrográficos y Oceanográficos de Chile (CENDHOC). (2002). Bases de datos batimétricos. Disponible: <http://www.shoa.cl/cendhoc/hidro>. [Consulta: 2006, Junio 18].
- [5] Gaspar, José de J. (2002). Sedimentación de Embalses. Trabajo de ascenso. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- [6] <http://es.wikipedia.org/wiki/>.
- [7] Obregón, F. (2006). Clasificación climatológica. Trabajo no publicado. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- [8] Plan de ordenamiento y reglamento de uso de la zona protectora de la cuenca alta y media del río Orituco (Decreto 2329). (1992, Junio 05).
- [9] Thurman H.V., 1996. Essentials of Oceanography. Prentice Hall Inc. Disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/Batimetr%C3%ADa>. [Consulta: 2007, Mayo 15].
- [10] Ministerio del Ambiente. (1995). Revista El Agua. Grandes Presas de Venezuela. Edición especial.

ANEXOS

Datos hidrológicos

Anexo 1. Precipitación media mensual y anual

Guanapito:

Año	Ene	Febr	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos	Septi	Oct	Novi	Dici	Anual
1967	11,1	1,2	0	29,8	35,6	163,2	177,1	163,7	68,5	145,4	48,9	8,8	853,3
1968	7,6	5,6	5,1	56,3	226,3	108,9	50,5	117,3	122,8	104,4	101,6	25,7	932,1
1969	4,6	7,4	15,1	45,7	88,8	242,2	175,4	184,7	223	119,1	63,9	30,9	1200,8
1970	6,9	2,9	2,8	25,1	376,7	196,5	229,3	270,1	90,3	63,6	32,6	29,9	1326,7
1971	3	0,3	0,6	1,2	141,6	69	140,7	214,8	100,2	59	23,9	0,8	755,1
1972	23	4,2	9,6	30,1	141,1	176,4	67,6	76,8	92,5	78,7	61,6	8	769,6
1973	0,3	0	1,5	23	14,5	92,7	27,5	126	267,8	120,5	90,5	4,9	769,2
1974	7,5	9,2	0	0	90,8	17,3	209,3	181	166,6	179	30,5	9,5	900,7
1975	2,3	0,4	0,4	1,6	32,7	111,1	45,3	229,7	135,8	167,8	33,7	24,7	785,5
1976	2,4	4,6	0,2	31,8	23,7	83,9	295,2	105,5	92,8	187,1	49,7	7,1	884
1977	0	1,4	0	0	98,7	124,8	166,3	301,1	196,9	92	107,2	4,5	1092,9
1978	0	0	0	109,7	67,1	291,6	109,4	194,2	54,1	85,3	50,4	14,7	976,5
1979	4,5	0	15,1	9	260,1	366,1	249,3	109,3	171,5	118,5	48,3	24,5	1376,2
1980	16	0	0	31,7	149,8	147,2	153,8	200,1	215,2	141,6	42,3	16,3	1114
1981	10,3	25,4	5,3	174,1	90,8	127,3	191,8	287,4	227,1	91,8	5,5	48,1	1284,9
1982	20,2	3,7	0,4	115,4	358,8	192,5	117	113,9	139,2	66,6	18,8	2,8	1149,3
1983	3,3	0,3	0,7	34,6	121,9	111,1	89,3	196,5	90,1	92,7	27,8	11,9	780,2
1984	15,4	1,1	0	56,3	22	94,5	147,7	218,4	166,6	134,2	141,1	33,1	1030,4
1985	0	0,6	0,2	114,4	78,7	217,6	175,6	166,8	190,6	159,5	61,3	69,7	1235
1986	3,8	1,3	0	20,5	197,3	190,2	135,4	123,8	118,8	237,2	64,4	12	1104,7
1987	9	0	0,9	0,4	159,4	152,1	214,6	150,2	167	64,1	100,2	21,9	1039,8
1988	3,6	1	0	0	27	408,9	210,8	232,4	218,7	231,4	88,7	50,6	1473,1
1989	12,6	17,1	3,9	20,7	66,2	96,4	195,5	192,8	170,4	98	24,6	9,3	907,5
1990	8,6	1,5	0,2	9,8	25,9	173,1	200,9	164,2	178,8	187,6	85,5	5,3	1041,4
1991	6,3	2,8	33,1	6,2	8,5	79,4	101,8	256,5	214,9	36,7	39,2	6,5	791,9
1992	0	5,6	0	48,7	107,5	232	259,4	156,2	127,7	17,8	26,6	14,6	996,1
1993	0	0	11,8	40,7	284,8	143,3	97,6	262,8	164,9	43,2	6,7	5,1	1060,9
1994	0	0,2	0	44	56,2	164,7	178,2	184,9	211,7	146,3	38,9	31,6	1056,7
1995	12,1	0	107,3	12,4	46	297,6	147,4	187,9	97,9	149,2	56,3	2,6	1116,7
1996	0	0	0	0	116,4	169,5	256,7	159,9	124,5	99,6	81,3	96,3	1104,2
1997	1,2	9,6	-	12,3	71,3	103,7	282,2	118,1	62,1	76	64,5	0,3	-
1998	0	0	7,1	37,6	136,5	198,7	205,3	153,3	88,1	70,5	30,1	22,2	949,2
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64,8	7,8	72	-
2002	0,2	2,4	5,8	54,9	89,7	130,5	97,5	97,5	86,2	68,9	29,4	21,7	684,7
2003	90,9	0	0	26,2	84	59,5	253,6	108,9	213,7	171	50,2	37	1095
Prom:	8,4	3,2	6,9	36	114,6	162,8	166,3	176,7	148,7	113,4	52,4	22,4	1011,8

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

Guatopo:

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1948	29	15	12	38	190	270	300	170	100	90	50	40	1304
1949	40	70	3	5	116	93	199	216	98	180	100	365	1485
1950	180	97	46	20	103	218	130	260	150	220	64	40	1528
1951	100	184	92	67	110	225	247	140	131	78	76	43	1493
1952	27	0	3	90	72	155	269	128	156	144	87	148	1279
1953	112	112	6	37	146	180	249	162	152	116	27	62	1361
1954	42	11	9	67	126	294	283	193	196	272	237	276	2006
1955	74	27	91	41	105	324	184	144	146	209	80	98	1523
1956	74	38	62	8	163	161	159	155	133	78	87	129	1247
1957	83	37	0	53	94	235	168	161	94	141	163	78	1307
1958	33	3	10	4	182	192	187	169	112	95	50	24	1061
1959	37	41	0	40	125	114	122	189	108	58	77	39	950
1960	28	6	7	134	152	248	175	146	127	115	99	260	1497
1961	49	28	1	11	14	155	300	275	145	132	157	124	1391
1962	61	59	21	2	53	277	169	263	175	78	40	102	1300
1963	74,6	47,2	77,9	87	159,9	321,8	148	168,3	179,4	112,7	107,1	56,8	1540,7
1964	30,6	25,1	70	34,9	60,5	183,6	272,3	199,1	117,2	128,8	122,7	117,6	1362,4
1965	135,8	76,5	46,3	5,9	64,7	165,7	286,1	218	184,3	148,9	175,4	130,6	1638,2
1966	30,2	89,2	6,3	80,9	156,8	257,5	272,1	260,6	140	255,3	95,2	147	1791,1
1967	108,5	74,6	46,2	57,9	84,9	223	323,6	178,4	123,9	111,3	204,6	166,6	1703,5
1968	60,8	39,8	38,1	81	130,4	181,9	150	146	180,7	117,1	133,9	42,6	1302,3
1969	57,5	55,5	33,6	36,2	-	339,6	187,8	234,6	180,8	166,7	159,7	-	-
1970	76,8	55,1	71,4	70,5	276,4	183,5	369,5	209,1	179,5	161,4	115,2	98,9	1867,3
1971	66,7	38,2	35,8	11,4	102,3	207,1	304,7	188	83,4	112	88,3	107,4	1345,3
1972	256,9	55	15,2	57,2	187,8	142,6	206,9	159,3	124	259,9	151	66,4	1682,2
1973	58,9	17,4	9,9	39,4	31,8	140,6	93,8	161,9	244,2	188,8	309,2	92,2	1388,1
1974	195,6	50,6	66,1	10,2	69,9	34,5	85,5	223,8	274,8	205,4	86,4	81,2	1384
1975	135,5	86,9	21	48,5	40	134,7	155	212,1	212,6	294,3	107,4	162	1610
1976	130,7	113,5	69,7	40,2	50,6	148,9	326,5	98,6	110,8	191,4	106,3	87,3	1474,5
1977	17,9	16,6	27	5	80,5	302,6	160,6	343,2	232,3	167,7	183,7	28,3	1565,4
1978	25,6	6,1	21,4	83,6	150,9	226,5	197,7	189,4	76,4	130,8	82,3	78,1	1268,8
1979	80,7	23,5	27,2	51,8	213,3	296,7	195,3	242,8	212,3	175,5	68,6	79,8	1667,5
1980	80,9	40,8	10,1	37,4	75,9	187,9	178,3	249,8	191,5	150,7	107	50,9	1361,2
1981	60,6	86,2	10,4	245,5	179,8	176	156,4	363,4	193,4	154,6	53,5	55,1	1734,9
1982	84	58,5	33,3	102,9	294,6	270	118	100,2	117,8	105,8	45,7	78,7	1409,5
1983	35,2	0	0,3	61,3	228,2	194,7	204,3	229,7	108,7	79,4	44,6	32,3	1218,7
1984	104,4	11,2	2,4	16,3	20,3	133,3	202,6	194	266	141,2	199,5	93,8	1385
1985	74	51,8	32,5	104,3	86,8	177,6	215,4	167	160,9	148,6	166,6	143,1	1528,6
1986	113	29	15,4	30,9	227,3	302,9	126,9	173,9	152	253,2	122,3	46,1	1592,9
1987	10,3	0,4	0	5	135,8	150,7	227,2	159,5	139,4	116,4	119,8	102,9	1167,5
1988	81,3	53,2	22	8,7	16,8	239,7	267,9	229,1	200,3	238,5	169,3	145,4	1672,2
1989	114,8	75,2	45,4	89,1	88,6	145,6	124,3	215,9	123,6	111	80,2	68,8	1282,5
1990	106,6	69,9	25,7	18	116,2	123,6	225,8	183	120,1	242	141,5	121,5	1493,9
1991	78,6	42,7	46,7	38	79,3	130,9	155,7	235,3	205,8	72	52,9	12	1149,9
1992	90,8	22,7	2,2	16,8	73,8	292,5	195,7	164,4	169,3	80	42,1	107	1257,3
1993	16,2	0,4	44,6	87,4	260,1	232,7	136,1	337,9	192,3	99,6	94	63,5	1564,8
1994	50,1	18,9	11,5	75,5	108,7	178,6	199,6	154,5	135,1	121,4	100,8	76,6	1231,4
1995	16,3	9,7	63,5	18,6	-	-	216,8	207,6	124,3	125,8	33,5	28,8	-
1996	22,7	14,9	4	0	170,1	279,3	312,2	299,2	235,3	211,4	150	124,4	1823,4
1997	80,9	68,7	41,5	9,9	107,2	176,1	196,8	271,8	183,2	164,7	222,5	3,6	1526,9
1998	0	54,7	33,1	64,8	113,8	186,8	208,9	85,6	163,7	147,2	78,2	67,1	1203,9
2000	53	34,7	21	41,1	79,7	162,1	158,2	86,5	116,6	104,8	-	-	-
2001	32,9	21,5	13	0,8	107,7	176,9	197,7	189,4	165,6	170,7	85,8	73,7	1235,7
2002	75,8	33,8	20,4	40,1	99,3	163,1	164,3	82,6	72,2	64,9	46	39,5	902
2003	204,5	27,4	16,6	32,5	63	186,8	208,8	200	194,5	174,7	68,7	59	1436,4
PROM:	74,5	44,1	28,4	46,6	119,7	201,8	205	196,1	156,6	149,3	109,5	93,7	1425,4

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

Paso Real:

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1959	-	-	-	-	-	-	-	-	168	74	48	28	-
1960	0	0	0	55	39	237	159	180	111	108	18	46	953
1961	1	0	0	0	7	140	182	172	124	67	97	27	817
1962	0	6	0	0	111	133	156	139	133	137	14	20	849
1963	9,2	3,8	0,2	22,2	200,1	235,4	152,2	102,7	299,6	62,8	76,9	23,5	1188,6
1964	0	0	0,2	2	40,5	154,9	236	171	99,1	54,8	48,6	6,4	813,5
1965	5,1	34,9	-	1,9	-	72,2	79,5	229,2	115,6	130,2	56,9	2,7	-
1966	6,5	0,4	0	1,3	105,9	171,6	180,5	154,1	108,3	204,1	78,9	43,9	1055,5
1967	10,3	1,1	0,3	30,8	71,3	104,9	161,8	129,2	83,2	62,2	74,6	6,7	736,4
1968	5,2	1,7	22,5	56,6	140,6	112,1	95,3	132,7	110,9	60,7	-	77,3	-
1969	1,7	5,7	3,1	56,6	145,2	191,9	139,4	222,6	132,3	135,6	98,6	69,2	1201,9
1970	17,3	2,6	8,4	12,7	136,3	111,4	275,4	222	176,9	102,2	45,4	57,1	1167,7
1971	5,3	10,1	0,2	13,4	149	132,3	149,8	136,6	125,2	50,1	37,2	9,7	818,9
1972	30,1	13,6	14,3	12,1	96,9	109,1	138,5	128,2	87,7	77,2	43,6	11,9	763,2
1973	1	0	1	29	19	168,1	63,5	134,3	163,6	92,1	29,5	4,4	705,5
1974	2,2	4,1	0,5	15,8	22,4	27	223,2	167,7	179,5	79,1	23	15,5	760
1975	1,2	0,7	0	0,3	8,7	70,2	36,3	277,5	94,6	156,9	35,5	15,7	697,6
1976	2,9	4,2	0,6	22,3	14,4	123,6	173,6	154	37,4	75,2	30,1	9,9	648,2
1977	0	2,4	0	0	74,9	181,8	86,9	228,3	115,4	141,6	32,7	22,3	886,3
1978	-	0	0	10,3	41,8	329,6	119,9	186,5	47,9	54,5	24,2	23,2	-
1979	1,5	0	26,8	7	112,7	288,8	318,1	147	99,5	68,9	37	31,3	1138,6
1980	26,8	2,4	0	6	119,8	178,4	234,6	279,9	278,4	44,2	40	20,7	1231,2
1981	6	31	3,6	68,5	346,4	91,7	146,5	201,5	121,1	126	24,9	26,7	1193,9
1982	17,6	18,4	0,4	145,2	239,6	119,1	131,2	156,6	125,7	50,1	4	7,3	1015,2
1983	2,7	0	0	25,9	122	167,5	158,2	169,4	130,7	24,8	4,2	66,6	872
1984	5,2	4,6	0	14,7	14,8	110,8	122,1	156,8	156,5	81,9	111,5	12	790,9
1985	4,9	0,8	0,1	84,8	72,5	113,6	205,2	163,3	110,8	62,5	67,9	48,2	934,6
1986	2,5	0,5	0	4,6	141,2	135,9	75,6	70,3	127,5	167,7	51,4	11,4	788,6
1987	0,2	0	0	0,5	89	119,6	131,7	141,8	194,5	103,3	45,9	25,9	852,4
1988	0	3,8	0	0	30,3	235,2	101,4	262,1	153,6	153,5	18	37	994,9
1989	4	3,6	2,8	13	65,9	106,7	165,8	176,6	102,6	74,5	7,5	27,4	750,4
1990	2,9	2,6	0,8	0	103,7	168	185,1	220,9	176	152,5	18,1	15,5	1046,3
1991	3,9	3,6	18,4	0,9	7,1	150,5	165,7	197,8	157,6	74	21,9	18,9	820,3
1992	5	5	0	30,1	227,7	179,6	197,8	236,1	188,1	20,5	67,3	42	1199,3
1993	3,2	0	9,9	46,9	237,3	156,3	179,8	237,3	118,4	20,4	56,6	24,3	1090,5
1994	0	5,5	4,3	30,9	110,3	87,6	96,5	115,2	91,8	79,5	35,3	17,6	674,4
1995	2,4	0	43,7	24,4	18,1	139,7	153,9	127	89,4	233,5	28,1	3,1	863,3
1996	2	0	0	0	36,7	235,9	259,8	310,1	166,2	144	76,2	2,5	1233,3
1997	0,8	19	-	4,5	84,6	103,4	113,8	124,6	111,5	96,6	152,5	0,8	-
1998	0	0	3,7	0	84,1	136,2	150	179	52,7	45,7	20,3	17,5	689
1999	55,8	5,6	4,3	20,5	103,9	168,2	185,3	221,1	176,2	152,7	67,8	58,4	1219,8
2000	0,9	0,9	0,7	3,1	15,7	124,5	112,2	176	110,2	61	-	-	-
2001	0	0	0	7,1	136,7	115,9	137	214,5	93,5	81	16,3	26,1	828,1
2002	0	0	0,8	25,2	122,4	198,2	117,6	140,3	111,8	96,9	0	0	813,2
2003	0	0	0	13,8	69,7	112,9	124,4	222,9	177,6	153,9	57,7	49,7	982,6

PROM:	5,8	4,5	4,1	20,9	96,2	148,9	154	179,9	131,9	95,4	45,2	25,3	912
-------	-----	-----	-----	------	------	-------	-----	-------	-------	------	------	------	-----

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

Lezama:

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1952	-	-	-	-	-	-	311	219	149	37	32	24	-
1953	0	0	0	85	237	214	270	198	125	29	37	0	1195
1954	0	0	0	44	67	237	125	123	77	246	23	37	979
1955	0	0	0	18	76	201	149	103	121	120	59	0	847
1956	20	0	54	14	141	66	73	270	149	102	31	7	927
1957	0	0	0	7	16	184	41	152	61	83	28	0	572
1958	0	0	0	0	149	260	141	130	90	81	42	0	893
1959	0	0	0	0	211	200	97	236	143	48	32	26	993
1960	1	0	0	40	128	428	331	189	70	91	24	17	1319
1961	3	0	1	3	18	182	244	199	165	59	77	14	965
1962	1	0	2	0	77	139	176	197	142	156	27	13	930
1963	1,6	0,4	0,8	58,2	270,1	330,8	162,8	159,9	230,6	114,7	37,3	1,6	1368,8
1964	0	2,6	0	7,3	68,5	165,7	290,8	267,7	105,2	37,9	30,8	24,1	1000,6
1965	3,9	18,5	0	0	21,9	189,2	228,4	249,5	81,5	76	83,4	11,2	963,5
1966	5,3	0	5,3	0	97,4	269,6	244,9	220	67,2	101,2	66,8	14,1	1091,8
1967	0,1	0	0	56,9	29,6	210,1	205,6	139,5	122,1	102,4	79,1	16,7	962,1
1968	1,1	0,2	9,6	75,9	242,8	133,5	146,7	121,9	126,5	43,7	22,4	37,3	961,6
1969	4,6	4,4	6,6	103,1	126,4	359	223,3	163,9	111,6	175,5	33,1	29,3	1340,8
1970	18,8	0	2,5	11,4	147,2	93,1	237,7	245,3	83	84,2	28,7	36,2	988,1
1971	19,3	3,6	0	44,1	135,5	80,1	176,7	157,5	125,9	40,7	28	16,4	827,8
1972	5,3	1,2	3,1	108,1	152,6	154,4	154,1	89,4	133,2	90,4	43,2	6,3	941,3
1973	2,9	0	0	64,6	29,2	70,5	47,2	158,7	109,6	40,4	80,5	2,7	606,3
1974	0	0,9	0,9	0,3	24,4	11,4	164,2	196,7	193,3	64	14,9	4,8	675,8
1975	0	0	0	0	9,9	154,1	37,2	170,5	91,4	87,1	12,1	26	588,3
1976	4,3	1	1,2	5,5	26,3	167,8	273,5	98,8	125,4	107,9	39	15	865,7
1977	0	1,6	0	0	82,3	187,1	99,2	156,8	111	141,5	6,5	13,2	799,2
1978	0	0	0	36,5	73,8	169,4	87,1	233,3	32,1	-	-	66,5	-
1979	0	0	21,2	1,1	100,1	269,3	105,4	220	115,1	66	40,6	32,1	970,9
1980	16,4	0	0	28,8	100,1	158,9	138,2	236,3	151,5	58,1	38	4,9	931,2
1981	2,9	36,8	4,6	113,3	126,2	157,9	165,6	118,7	110,4	82,8	15,9	22,6	957,7
1982	9,2	3,7	0,1	41,8	154,3	307,7	116,3	73,9	68,4	60,7	22,6	4,5	863,2
1983	1,3	0,3	0	43,5	100,6	192,2	107,7	117,7	64,5	57,4	1,4	16,6	703,2
1984	7,7	-	-	-	-	-	-	-	105,3	120,4	112	2,7	-
1985	0,2	4,4	0	57,8	33,1	162,8	170,7	186,5	74,3	101	83,3	15,5	889,6
1986	6,3	0	10,7	46,1	170,2	116,3	63	82,1	153,6	134,7	46	6,2	835,2
1987	0	0	0	0	116,4	209,2	158,5	187,4	160,6	183,7	97,1	93,2	1206,1
1988	0,6	2,1	0	0	1,7	308,3	114,4	285,1	188,1	147,8	50,4	22,1	1120,6
1989	-	0	0	0	63,5	126,5	132,6	180,1	98,7	112,8	0	0	-
1990	8,5	0	2,8	11,4	122,6	222,7	233,5	87,3	111,5	127,5	43,5	41,8	1013,2
1991	2,8	1,4	4,6	41,4	4,8	154,3	161,8	277	95,8	51,2	17,5	16,8	829,4
1992	0	3,7	4,8	43,4	160,5	319,9	335,4	143,2	78,5	86	29,4	28,2	1233,1
1993	15	0	0	65,9	243,7	171,8	180,1	196,8	107,8	123,3	42,1	40,4	1186,8
1994	0	0	0	26,4	25,5	119,4	125,1	136,7	74,9	85,7	21,1	10,7	625,5
1995	0	0	4,7	41,9	49,8	152	159,4	174,1	56,2	106,5	46,2	4,2	795
1996	0	0	0	0	0	171,6	304,5	332,7	144,7	125,5	32,7	38,3	1150
1997	1,8	8,7	-	2,4	64,2	64,8	162,7	177,7	34,9	75,4	73,8	1	-
1998	0	0	7,1	6,5	91,8	183	191,8	209,6	228,7	261,6	64,2	0	1244,2
2000	0	5,1	0	9,8	36,1	71,9	149,5	96,1	114,3	62,5	-	-	-
2001	0	0	0	3	88,8	177	185,6	253	43,7	50	30,3	11,8	843,2
2002	0,7	0	0	0	93,7	186,7	128,1	130,9	71,7	101,3	17,6	16,9	747,7
2003	1,5	0	0	0	78,2	155,9	163,5	178,6	97,8	111,9	0	0	787,4
PROM:	3,4	2,1	3,1	27,9	95,6	184	169,8	178,5	111,6	97,1	39,7	17,8	930,6

San Francisco de Macaira:

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1946	-	-	-	83	167,6	104,9	178,2	239,9	-	-	-	-	-
1947	0	0	0	-	86	178,3	247,2	131,3	134,1	104,4	0	-	-
1948	39,4	32,6	52,9	44,6	208,2	278,7	225,4	172,1	103,4	105,6	67,6	71,5	1402
1949	0	39	0	5,8	58,7	186	64,4	237,3	257,2	197,9	74,9	49,8	1171
1950	134,7	26,5	204	3,3	76,7	269,8	207,2	100,4	61	102,8	76,2	18,9	1281,5
1952	-	0	0	0	40,8	64,2	45,6	42,3	41	52	35,4	36,3	-
1953	16,4	43,2	25,7	0	54,6	152,3	166,3	129,3	129,1	54,6	34,4	46,6	852,5
1954	0	0	0	16	11	-	-	-	-	-	-	-	-
1955	74,1	-	48,3	15,6	38	114	264	148	188	-	-	-	-
1956	-	-	-	29,6	161,9	163,1	191,6	201,8	148,2	126,6	54	72,5	-
1957	31,4	5,2	0	6	85	110	165	255	88,7	263,7	56,1	45,8	1111,9
1958	0,9	9,3	3	32,7	165,9	281,2	95,8	187	377,5	188,6	36,2	41,8	1419,9
1959	33,4	33,3	0,5	0,6	180,9	82,3	117,1	154,5	172	73	27,1	27,2	901,9
1960	8,3	0	1,7	104,1	132,9	269,5	216,1	305,2	107	143,9	66,6	57,9	1413,2
1961	6,1	1,1	2,6	4,2	5,5	94,3	260,3	208,8	113,1	102	132,2	43,4	973,6
1962	25,4	17,2	56,3	0,6	123,2	239,3	166,3	236,2	217,5	129,8	113,1	50,1	1375
1963	15	32,9	22,6	15,5	157,6	321	109,2	257,9	237,6	155,9	107,6	23,3	1456,1
1964	11	4,5	17,5	12,8	55,1	161,9	282,1	198,2	96,3	66,1	98,4	45,9	1049,8
1965	48,8	25	0,8	0,3	63,5	165,2	166	202,6	212,1	118,6	94,1	40,9	1137,9
1966	15,4	20,3	0,4	8,4	133,1	271,3	247,4	202,1	189,3	183,4	133,3	95,6	1500
1967	26,3	22,6	16,6	35,9	76,8	168,8	179,2	218,6	101,8	73,7	107,7	35	1063
1968	27,5	7,8	44,4	89,3	147,3	145,6	92,5	151,3	208,2	83,6	142,3	45,6	1185,4
1969	25,3	15,7	11,8	44,9	139,3	205,5	190,2	223,1	208,7	182,5	167,6	35,3	1449,9
1970	-	20,1	14,3	26,6	170,3	154,8	354,6	185,1	149,8	69	24,5	73,7	-
1971	14,5	10,8	10,4	0,8	181,1	116,6	218	259,3	119,3	101,8	99,8	14,1	1146,5
1972	55,5	16,7	8,5	60,8	120,6	120,9	133,3	115,3	96,9	129,8	68,2	29,6	956,1
1973	15,7	7,7	1,5	68,8	31,8	168,8	91,3	128,9	237,3	137,1	160,9	29,5	1079,3
1974	62,4	58,8	25,5	2,2	60,6	18,1	97,3	103,3	187,9	151,1	51,5	37,6	856,3
1975	18,7	13,8	4	25,5	28,6	133	67,9	277,5	92,7	150,9	43,1	91	946,7
1976	24,2	56	43,3	22,9	17,1	73,5	225,9	74,6	69,6	141,7	29,7	23	801,5
1977	5,5	2,9	2,9	2	59,2	156,8	141,8	227,9	165,6	74,6	135,5	14	988,7
1978	10,8	-	0	29,1	29,1	205,6	186	160,3	147,7	91,8	62,7	55	-
1979	58,5	4,3	31,5	74,3	179,8	366,2	170,5	232,5	214,1	102,3	69,9	65,7	1569,6
1980	34,7	13	4,5	29,3	152,6	227,3	213,5	281	257,8	87,4	57	61,6	1419,7
1981	27,1	62,7	15,5	267,7	105,5	214,9	179,5	248,6	154,5	138,4	49,5	28,9	1492,8
1982	47,7	25,3	26,2	207,6	247,7	167,7	89,9	109,7	157,4	69,3	47,3	29,5	1225,3
1983	7,7	0,4	2,3	38,6	202,6	196,9	145,3	143,8	132,5	109,8	15,4	64,3	1059,6
1984	30,4	11,5	0,8	65,5	26,7	116,5	153,9	133,6	101	127,1	131,8	115,6	1014,4
1985	15,2	18,8	9,1	94,6	96,9	229,5	176,9	237,6	149,3	168	81,1	108,4	1385,4
1986	18	2	1	33,2	268,7	201,6	127,7	89,7	172,3	194,5	98	31,2	1237,9
1987	3,3	0	1,1	2,6	119,4	239	212,4	291,7	334,6	132	90,1	29,8	1456
1988	21,6	10,3	10,4	0	36,9	399,6	256,7	313,1	288,4	165	116,4	94,6	1713
1989	44,6	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	156,9	186,1	171,4	106,6	72,7	63,9	-
1991	36	17,3	27,9	5,5	45,5	124	112,1	167,1	271	70,3	66,3	58,2	1001,2
1992	27,5	12,1	0	34,7	84	171,2	154,8	188,8	85,6	53,3	36,4	31,9	880,3
1993	15,1	7,2	7,2	17,1	288,7	184,8	209,9	259,3	238,8	31,2	-	35,3	-
1994	9,3	9,1	9,2	35,9	37,7	203,3	112,6	107,1	98,7	61,3	41,9	58,6	784,7
1995	217,7	0	19,2	45,3	11,1	257,7	233	-	203,7	126,7	9,3	8,2	-
1996	3,9	1,8	0	53,5	129,5	263,8	238,5	291	-	-	-	46,7	-
1997	5,7	34,7	0,7	11,2	87,4	117,9	106,6	130	153,4	95,4	30,6	2,6	776,2
1998	0,5	0	19,9	61,3	148,4	302,3	109,1	158,6	82,1	51,1	34,9	30,6	998,8
PROM:	29,2	16	16,8	38,2	106,7	186,9	171,1	189,9	165,1	115,9	72,8	47,2	1155,7

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

Soublette:

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1959	-	-	-	-	-	-	-	-	113,6	70,9	20,1	14,1	-
1960	1,1	0	0,7	109,8	84,7	255,1	197,7	214,8	86,3	114,7	15,2	29,5	1109,6
1961	2,8	0	0	3,8	1,8	149,7	264,1	224,9	102	80,2	111	46,8	987,1
1962	9,9	10,3	59,6	0	100,8	234,4	167,7	192,9	186,8	123,8	54,1	40,4	1180,7
1963	4,1	22,8	3,4	25,2	103,3	217,9	213,5	219,2	276,2	98,2	33,7	18,3	1235,9
1964	0,8	0,2	6,1	-	-	-	-	-	160,1	46,8	55,1	47,9	-
1965	16,2	11,7	0	1,8	72,2	152,2	215,5	230,9	188,1	119,7	109,9	51,2	1169,4
1966	8	7,3	4,3	30,8	88,6	186,9	226,4	232,5	170,9	53,5	107,4	100,7	1217,3
1967	15,7	5,7	6,2	21,5	32,5	136,5	157,7	147,1	79,8	122,5	113,2	20,1	858,5
1968	11,5	4,5	15,6	72,4	151,8	160,1	107,8	147,2	182,9	44,5	35,9	54,7	988,9
1969	5,4	21	10	19	78,5	233,1	156,3	156,5	175,4	158,1	139,9	45,5	1198,7
1970	20,9	17,9	23,9	38,3	154,5	110,6	279,1	218,5	101	73,2	33,7	84,2	1155,8
1971	14	7,4	0,8	14,3	139,3	136,2	147,4	223,8	159,7	70,4	64,6	6,7	984,6
1972	49,9	4	44	23,4	149,9	142,6	111,7	52	159	138,7	51	26,3	952,5
1973	10,5	1,2	1	19	49,7	75,6	77,7	206	157,3	115,4	107,9	5,1	826,4
1974	15,5	48,3	5	0,2	32,9	43,9	160	126,2	175,3	99	68,5	28,5	803,3
1975	4,8	2,9	0,6	14,1	19,4	122,3	47,9	231,9	57,9	153,9	45,5	22,6	723,8
1976	6,7	23,6	10,7	24,8	30,6	124,6	200,9	88,6	51,3	90,6	34,5	25,4	712,3
1977	6,9	0,8	0	5	66,3	118,7	51,7	171,1	172,1	113,2	78,4	15,3	799,5
1978	0	0	4,7	145	22,6	129,4	135,5	159,3	142,2	74,9	30,1	26,4	870,1
1979	19	0	12,1	3,9	182	291,6	285,8	147,3	142,5	117,4	87	103,3	1391,9
1980	10	2,9	1,4	10,5	69,6	242,6	181,1	216,8	209,9	54,1	81,6	37,7	1118,2
1981	24,7	77,1	4,7	194,7	92,9	196,1	161,9	234,7	200,2	136,8	11,1	58,9	1393,8
1982	36,9	7,1	5,1	90	205,6	220,9	153,6	157,6	167,2	82,4	32,3	24,6	1183,3
1983	7,1	2,7	0,3	53,8	191,8	253,3	104,6	107,3	103,9	49,6	8	33,9	916,3
1984	11,5	23,6	0	24,2	5,2	63,7	198,2	187,1	105,1	115,8	98,9	73,6	906,9
1985	11,2	1,1	4,2	39,2	98,7	163,7	165,7	159,2	143,9	82,7	-	64,2	-
1986	6,4	14,5	2,8	0,5	158	121,5	171,2	135,5	124,5	209	105,8	13	1062,7
1987	11,1	0	0	0	129,7	171,4	167,9	158,7	157,7	81,3	35,5	22,5	935,9
1988	7,6	1	0	8,7	73	193,4	189,4	194,5	188,3	155,1	67,8	42,9	1121,6
1989	14,6	10,5	7,6	31,9	91,6	193,4	166,3	110,9	165,2	102,5	38,9	28,9	962,2
1990	9,8	7,1	3,5	24,7	81,7	172,4	168,9	173,4	167,8	138,2	34,4	21,8	1003,7
1991	16,5	11,9	8,6	1,8	5	146,6	143,7	147,5	142,8	67,2	18,8	7,1	717,5
1992	4,1	6,6	0	0	259,2	162,5	163,9	168,2	162,8	99,8	121,6	76,5	1225,2
1993	12	0	2,6	11,1	259,4	178,7	260	189,6	183,5	62,5	46,2	8	1213,6
1994	2,8	1,8	0	32,4	22,4	142	178,7	96,7	93,6	77,1	78,6	39,5	765,5
1995	6,7	0	48	1	-	-	209,9	227,6	-	-	47,7	22,3	-
1996	3,7	0,3	1,6	0	91,9	193,8	198,2	203,5	197	112,1	266	62	1330,1
1997	15,8	21,4	1,8	6,5	120,7	89,6	111,2	145,4	99,6	81,3	139,7	5,6	838,6
1998	0	0	3	16,7	117,4	247,8	242,8	97,6	161,8	133,3	42,2	7,6	1070,3
1999	38,1	0,6	48,1	201,2	33,1	143,9	171,4	262,9	203,3	167,5	101,3	70,2	1441,6
2000	16,6	10,2	7,4	31	89,3	124,1	156,6	219	74	250,7	-	-	-
2001	0	0	0	0	79,7	168,3	164,9	241,2	166,3	137	21,9	28,4	1007,7
2002	0	0	0	32,9	94,6	199,6	72,6	74,6	72,2	59,4	26	16,5	648,2
2003	56,4	0	0	0	73,2	154,5	151,4	155,5	150,5	123,9	48,5	30,7	944,7
PROM:	12,4	8,9	8,2	32,2	95,4	165,8	168,8	173,4	147,3	105,9	66,7	36,6	1021,6

Anexo 2. Precipitaciones máximas horarias

Guanapito:

Año	1 hora	2 horas	3 horas	6 horas	9 horas	12 horas	24 horas
1967	40	58	41	45	45	45	51
1968	48		53	70	71	71	77
1969	58		64	66	66	74	75
1970	68		159	167	167	167	190
1971	76		79	79	79	79	79
1972	53		53	55	55	55	137
1973	37		83	99	99	100	107
1974	49		90	93	117	138	143
1975	34	35	45	47	47	47	54
1976	27	41	38	48	50	52	64
1977	48	31	59	63	80	81	81
1978	48	49	52	64	64	64	64
1979	55	83	104	111	163	173	173
1980	40	47	51	54	56	57	57
1981	82	103	117	129	129	129	131
1982	56	59	61	71	76	76	76
1983	17	17	17	23	23	23	29
1984	47	56	56	56	56	56	61
1985	49	50	50	73	81	88	91
1986	18	28	29	30	31	31	38
1987	24	29	34	35	35	47	48
1988	49	51	51	62	62	62	89
1989	30	30	30	30	30	32	45
1990	35	41	45	46	46	46	56
1991	34	34	34	45	45	55	62
1992	29	36	53	68	76	85	92
1993	49	72	87	100	105	106	107
1994	21	23	28	34	34	34	93
1995	35	49	51	66	68	68	71
1996	19	20	20	21	21	22	28
1997	28	28	28	28	28	29	37
promedio	42,0	44,6	56,8	63,8	67,9	70,7	80,8

Guatopo:

Año	1 hora	2 horas	3 horas	6 horas	9 horas	12 horas	24 horas
1951	24		30	37	37	37	50
1952	36		51	51	52	52	58
1953	37		41	68	74	74	109
1954	50		60	60	67	71	77
1955	37		40	40	40	40	49
1956	39		45	46	48	48	48
1957	31		42	46	46	49	56
1958	37		39	39	39	39	47
1959	29		33	49	58	66	73
1960	66		66	66	66	66	80
1961	36		48	54	54	60	79
1962	55		75	77	81	83	85
1963	30		61	72	75	76	82
1964	26		42	51	53	53	69
1965	52		67	70	71	73	82
1966	29		30	55	56	56	57
1967	40	68	40	44	47	49	53
1968	34		38	67	69	69	69
1969	48		73	85	85	91	122
1970	56		94	104	147	147	152
1971	42		45	45	45	45	53
1972	50		84	88	89	89	90
1973	33		36	45	47	48	68
1974	38	51	60	61	68	68	68
1975	21	35	30	41	53	58	70
1976	24	34	37	37	37	37	57
1977	52	72	75	79	81	81	81
1978	37	37	37	37	38	38	40
1979	45	70	72	76	77	77	82
1980	32	41	41	49	50	51	75
1981	33	39	42	50	50	50	77
1982	49	58	67	78	99	99	100
1983	57	75	81	84	84	84	93
1984	19	25	26	26	32	32	33
1985	33	36	37	41	41	41	42
1986	10	11	12	12	12	12	78
1987	23	25	26	37	37	37	37
1988	13	13	13	13	14	14	14
1989	36	50	52	53	54	66	66
1990	64	72	76	79	79	79	85
1991	42	43	43	43	43	43	43
1992	26	27	28	36	48	49	52
1993	55	66	84	100	103	104	104
1994	27	29	29	29	29	29	53
1995	27	49	53	61	61	61	61
2000	16	30	38	43	43	43	43
promedio	36,9	44,0	48,7	54,9	58,2	59,4	68,7

Paso Real:

Año	1 hora	2 horas	3 horas	6 horas	9 horas	12 horas	24 horas
1959	33		34	34	34	34	
1960	36		41	45	46	48	53
1961	40		41	41	41	41	67
1962	34		34	46	47	49	55
1963	57		69	71	82	94	105
1964	73		78	78	78	78	78
1965	55		65	81	81	81	81
1966	50		66	69	69	69	91
1967	34	34	34	34	34	34	44
1968	35		36	64	79	80	81
1969	38		40	42	43	44	53
1970	33		35	35	35	41	51
1971	40		58	58	65	84	100
1972	27		31	44	54	55	55
1973	56		93	113	113	113	113
1974	42	51	42	42	42	42	47
1975	17	17	17	17	18	18	26
1976	37	56	56	56	56	56	59
1977	29	30	31	32	32	32	32
1978	59	78	82	88	88	88	88
1979	64	65	65	65	65	65	67
1980	30	32	33	34	35	35	38
1981	55	65	68	72	72	72	72
1982	52	62	64	65	65	65	87
1983	44	68	69	76	77	77	77
1984	30	31	31	58	60	60	60
1985	43	48	52	63	73	74	74
1986	46	62	67	68	68	68	70
1987	38	41	47	58	59	59	60
1988	38	39	42	50	51	51	68
1992	20	21	21	21	22	22	22
1993	25	26	27	42	43	43	51
1994	27	36	36	36	36	36	37
1995	47	47	47	47	47	47	47
2000	17	18	19	20	20	20	20
2001	35	69	77	84	84	84	84
promedio	39,9	45,3	48,6	54,1	55,9	57,2	63,2

Lezama:

Año	1 hora	2 horas	3 horas	6 horas	9 horas	12 horas	24 horas
1959	22		22	22	22	22	22
1960	60		115	155	168	171	198
1961	35		39	48	49	49	54
1962	46		71	76	76	76	84
1963	60		74	78	78	78	101
1964	49		52	52	52	52	54
1965	32		32	34	46	101	111
1966	51		66	83	86	91	94
1967	57	72	82	85	85	85	87
1968	41		83	95	96	97	97
1969	62		63	63	63	63	65
1970	50		60	65	75	78	82
1971	30		35	40	41	41	82
1972	67		76	83	105	108	109
1973	58		70	71	72	72	72
1974	73		113	114	114	114	114
1975	28	48	30	35	35	35	35
1976	40	40	44	45	45	57	94
1977	57	65	66	70	70	70	70
1978	36	36	36	36	36	36	37
1979	60	94	102	103	149	154	154
1980	34	35	36	36	36	36	41
1981	45	46	47	50	50	50	50
1982	46	49	49	49	49	49	49
1983	20	25	27	28	28	28	30
1984	40	51	56	62	62	62	63
1985	37	46	48	49	50	50	52
1986	27	28	30	30	30	30	92
1987	24	26	29	37	42	42	42
1988	61	69	69	70	70	70	80
1990	34	64	71	76	76	76	76
1994	12	14	17	17	17	17	17
1995	35	35	35	35	35	35	37
1996	20	24	24	24	25	28	35
1997	20	27	27	27	29	29	31
promedio	42,0	44,7	54,2	58,4	61,8	64,3	71,7

San Francisco de Macaira:

Año	1 hora	2 horas	3 horas	6 horas	9 horas	12 horas	24 horas
1960	40		56	62	62	62	108
1961	23		49	51	52	52	53
1962	49		81	81	81	81	85
1963	29		60	66	66	66	91
1964	46		67	72	72	74	76
1965	39		47	47	47	47	55
1966	37		46	47	47	47	47
1967	38	39	39	39	39	39	45
1968	49		62	76	83	94	94
1969	37		62	62	74	85	86
1970	31		79	79	79	79	81
1971	37		50	62	67	67	92
1972	31		54	54	70	77	78
1973	33		60	75	78	78	94
1974	41	68	41	49	49	49	59
1975	20	20	20	20	20	21	23
1976	28	5	28	29	29	29	29
1977	15	19	17	19	19	19	19
1978	9	9	10	15	15	15	15
1979	11	12	12	20	20	22	25
1980	32	34	36	36	36	36	36
1981	31	31	31	44	45	45	45
1982	33	34	34	36	37	38	60
1983	33	37	38	38	39	39	45
1984	18	18	22	29	34	35	35
1985	52	53	54	54	57	61	65
1986	34	36	36	39	39	39	76
1987	50	57	57	57	59	59	63
1988	38	51	72	72	73	73	78
1991	47	75	89	90	91	91	92
1993	26	33	43	55	55	55	55
1994	67	72	74	77	94	102	128
1995	7	7	7	7	7	7	8
1996	12	12	12	12	12	12	19
1997	6	6	6	6	6	8	11
1998	12	12	12	12	19	19	19
promedio	31,7	32,2	43,4	46,9	49,2	50,6	58,1

Soublette:

Año	1 hora	2 horas	3 horas	6 horas	9 horas	12 horas	24 horas
1965	55		74	75	95	95	102
1966	32		49	49	50	51	53
1967	27		38	38	38	38	47
1968	48		49	54	55	70	73
1969	50		60	64	64	64	64
1970	66		74	75	75	75	75
1971	42		54	75	78	78	83
1972	31		70	93	99	99	99
1973	41		45	45	45	45	45
1974	40	46	46	46	46	46	78
1975	36	38	38	38	38	38	38
1976	35	36	36	36	39	53	53
1977	17	18	18	27	29	29	29
1978	56	76	82	82	85	85	85
1979	9	12	22	22	22	22	22
1980	29	31	32	32	32	32	43
1981	41	52	61	63	63	63	85
1982	34	39	43	43	43	43	43
1983	48	54	58	59	59	59	59
1984	56	58	61	62	62	62	62
1985	68	80	80	80	80	111	112
1986	48	48	48	48	48	49	66
1987	44	48	51	54	54	54	55
1989	50	50	50	50	50	57	58
1990	12	14	16	20	21	21	21
1991	34	34	34	34	34	34	38
1992	42	43	43	43	43	43	67
1993	38	56	77	80	80	80	81
1994	27	30	32	36	58	62	73
1995	40	40	40	40	43	47	49
1996	33	36	37	37	37	37	37
1998	13	14	15	16	16	16	16
1999	30	31	31	31	31	31	31
2000	32	95	96	97	97	97	127
2001	8	9	9	11	11	11	
promedio	37,5	41,8	47,7	50,1	52,0	54,2	60,9

Estimar la altura de sedimentos en la torre toma

Anexo 3. Datos para la curva altura – área – capacidad original

CURVA ORIGINAL		
Capacidad (Hm3)	Cota (m.s.n.m.)	Area (Ha)
0,00	401,05	0
0,09	403,00	9
0,36	405,00	18
0,81	407,00	27
0,95	407,50	29,2
1,10	408,00	32
1,27	408,50	35
1,45	409,00	38
1,65	409,50	41
1,86	410,00	44
2,09	410,50	48
2,34	411,00	50
2,59	411,50	53,1
2,87	412,00	56,1
3,15	412,50	59,1
3,46	413,00	62,0
3,78	413,50	65
4,11	414,00	69
4,84	415,00	76
6,55	417,00	95
8,62	419,00	112,5
11,07	421,00	132,5
13,94	423,00	154
17,22	425,00	174
20,91	427,00	195
25,03	429,00	217
29,58	431,00	238
34,58	433,00	262,5
40,06	435,00	285
49,00	437,70	319,0

Anexo 4. Datos para la curva altura –capacidad de batimetría 1995

DATOS BATIMETRÍA AÑO 1995	
Altura (msnm)	Capacidad (Hm3)
403,00	0,00
405,00	0,00
407,00	0,00
407,50	0,00
408,00	0,00
408,50	0,00
409,00	0,00
410,00	0,33
411,00	0,71
412,00	1,13
413,00	1,60
414,00	2,13
415,00	2,74
416,00	3,40
417,00	4,15
418,00	4,98
419,00	5,89
420,00	6,92
421,00	8,03
422,00	9,23
423,00	10,52
424,00	11,89
425,00	13,38
426,00	14,95
427,00	16,60
428,00	18,32
429,00	20,13
430,00	22,03
431,00	24,00
432,00	26,05
433,00	28,18
434,00	30,38
435,00	32,66

Anexo 5. Cuadros de cálculos para la distribución de sedimentos según el método del área incremental

2006:

	Parametros:		
Prof. del embalse, H =	36,65	m.s.n.m.	Altura de sedimentos en la toma
Vol. de sed. a repartir =	10.000.000,00	m ³	
Diferencia =	233.350,00	m ³	

ho =	6,45	m
Cota =	407,50	m.s.n.m.

CAPACIDADES Y AREAS original			Area (Ha) Ao	Volumen parcial de sedimentos	Volumen de sedimentos	Capacidad final
COTAS	AREAS	CAPACIDADES				
m.s.n.m.	Ha	Hm ³	m	m ³	Hm ³	Hm ³
401,05	0,000	0,000	0,00	0,00	0,000	0,000
403,00	9,000	0,088	9,00	87.750,00	0,088	0,000
405,00	18,000	0,358	18,00	270.000,00	0,358	0,000
407,00	27,000	0,808	27,00	450.000,00	0,808	0,000
407,50	29,200	0,948	29,20	140.500,00	0,948	0,000
408,00	32,000	1,101	29,20	146.000,00	1,094	0,007
408,50	35,000	1,269	29,20	146.000,00	1,240	0,029
409,00	38,000	1,451	29,20	146.000,00	1,386	0,065
409,50	41,000	1,649	29,20	146.000,00	1,532	0,117
410,00	44,000	1,861	29,20	146.000,00	1,678	0,183
410,50	48,000	2,091	29,20	146.000,00	1,824	0,267
411,00	50,000	2,336	29,20	146.000,00	1,970	0,366
411,50	53,111	2,594	29,20	146.000,00	2,116	0,478
412,00	56,084	2,867	29,20	146.000,00	2,262	0,605
412,50	59,058	3,155	29,20	146.000,00	2,408	0,747
413,00	62,031	3,458	29,20	146.000,00	2,554	0,903
413,50	65,000	3,775	29,20	146.000,00	2,700	1,075
414,00	69,000	4,110	29,20	146.000,00	2,846	1,264
415,00	76,000	4,835	29,20	292.000,00	3,138	1,697
417,00	95,000	6,545	29,20	584.000,00	3,722	2,823
419,00	112,500	8,620	29,20	584.000,00	4,306	4,314
421,00	132,500	11,070	29,20	584.000,00	4,890	6,180
423,00	154,000	13,935	29,20	584.000,00	5,474	8,461
425,00	174,000	17,215	29,20	584.000,00	6,058	11,157
427,00	195,000	20,905	29,20	584.000,00	6,642	14,263
429,00	217,000	25,025	29,20	584.000,00	7,226	17,799
431,00	238,000	29,575	29,20	584.000,00	7,810	21,765
433,00	262,500	34,580	29,20	584.000,00	8,394	26,186
435,00	285,000	40,055	29,20	584.000,00	8,978	31,077
437,70	319,000	49,000	29,20	788.400,00	9,767	39,233

2010:

CAPACIDADES Y AREAS 2006			Area (Ha)	Altura de sedimentos en la toma		
COTAS	AREAS	CAPACIDADES	Ao	Volumen parcial de sedimentos	Volumen de sedimentos	Capacidad final
m.s.n.m.	Ha	Hm ³	m	m ³	Hm ³	Hm ³
409,50	0,802	0,000	0,80	0,00	0,000	0,000
409,8	3,15	0,0091	3,15	5.927,95	0,006	0,003
410,00	4,884	0,016	3,15	6.300,00	0,012	0,004
410,50	10,257	0,054	3,15	15.750,00	0,028	0,026
411,00	19,089	0,127	3,15	15.750,00	0,044	0,084
411,50	26,504	0,241	3,15	15.750,00	0,059	0,182
412,00	32,126	0,388	3,15	15.750,00	0,075	0,313
412,50	37,152	0,561	3,15	15.750,00	0,091	0,470
413,00	40,986	0,757	3,15	15.750,00	0,107	0,650
413,50	45,138	0,972	3,15	15.750,00	0,122	0,849
414,00	48,321	1,205	3,15	15.750,00	0,138	1,067
414,50	51,065	1,454	3,15	15.750,00	0,154	1,300
415,00	53,646	1,716	3,15	15.750,00	0,170	1,546
415,50	57,547	1,994	3,15	15.750,00	0,185	1,808
416,00	59,405	2,286	3,15	15.750,00	0,201	2,085
416,50	61,434	2,588	3,15	15.750,00	0,217	2,371
417,00	63,996	2,902	3,15	15.750,00	0,233	2,669
417,50	67,536	3,231	3,15	15.750,00	0,248	2,982
418,00	72,625	3,581	3,15	15.750,00	0,264	3,317
418,50	78,747	3,959	3,15	15.750,00	0,280	3,679
419,00	85,273	4,369	3,15	15.750,00	0,296	4,074
419,50	89,925	4,807	3,15	15.750,00	0,311	4,496
420,00	94,379	5,268	3,15	15.750,00	0,327	4,941
420,50	98,591	5,751	3,15	15.750,00	0,343	5,408
421,00	103,818	6,257	3,15	15.750,00	0,359	5,898
421,50	107,858	6,786	3,15	15.750,00	0,374	6,411
422,00	111,761	7,335	3,15	15.750,00	0,390	6,945
422,50	116,887	7,907	3,15	15.750,00	0,406	7,501
422,70	121,275	8,114	3,15	6.300,00	0,412	7,702
423,50	125,340	9,118	3,15	25.200,00	0,437	8,681
424,00	129,329	9,755	3,15	15.750,00	0,453	9,302
424,50	133,488	10,412	3,15	15.750,00	0,469	9,943
425,00	137,467	11,090	3,15	15.750,00	0,485	10,605
425,50	141,347	11,787	3,15	15.750,00	0,500	11,286
426,00	145,795	12,504	3,15	15.750,00	0,516	11,988
426,50	150,310	13,243	3,15	15.750,00	0,532	12,711
427,00	154,728	13,991	3,15	15.750,00	0,548	13,443
427,50	159,345	14,793	3,15	15.750,00	0,563	14,229
428,00	164,373	15,602	3,15	15.750,00	0,579	15,023
428,50	169,824	16,437	3,15	15.750,00	0,595	15,842
429,00	174,861	17,299	3,15	15.750,00	0,611	16,688
429,50	179,942	18,186	3,15	15.750,00	0,626	17,560
430,00	185,093	19,099	3,15	15.750,00	0,642	18,456
430,50	190,676	20,038	3,15	15.750,00	0,658	19,380
431,00	197,135	21,008	3,15	15.750,00	0,674	20,334
431,50	204,025	22,010	3,15	15.750,00	0,689	21,321
432,00	211,213	23,049	3,15	15.750,00	0,705	22,343
432,50	218,893	24,124	3,15	15.750,00	0,721	23,403
433,00	227,287	25,239	3,15	15.750,00	0,737	24,503
433,50	237,500	26,401	3,15	15.750,00	0,752	25,649
434,00	251,110	27,623	3,15	15.750,00	0,768	26,855
434,50	263,340	28,909	3,15	15.750,00	0,784	28,125
435,00	273,642	30,251	3,15	15.750,00	0,800	29,452
435,50	284,045	31,646	3,15	15.750,00	0,815	30,830
436,00	286,423	33,072	3,15	15.750,00	0,831	32,241
436,50	305,261	34,551	3,15	15.750,00	0,847	33,704

2015:

CAPACIDADES Y AREAS 2006			Area (Ha) Ao	Altura de sedimentos en la toma		
COTAS	AREAS	CAPACIDADES		ho =	0,8	m
m.s.n.m.	Ha	Hm ³	m	Cota =	410,30	m.s.n.m.
409,50	0,802	0,000	0,80			
410,00	4,884	0,016	4,88	14.214,90	0,014	0,002
410,30	7,800	0,035	7,80	19.026,00	0,033	0,002
410,50	10,257	0,054	7,80	15.600,00	0,049	0,005
411,00	19,089	0,127	7,80	39.000,00	0,088	0,040
411,50	26,504	0,241	7,80	39.000,00	0,127	0,115
412,00	32,126	0,388	7,80	39.000,00	0,166	0,222
412,50	37,152	0,561	7,80	39.000,00	0,205	0,356
413,00	40,986	0,757	7,80	39.000,00	0,244	0,513
413,50	45,138	0,972	7,80	39.000,00	0,283	0,689
414,00	48,321	1,205	7,80	39.000,00	0,322	0,884
414,50	51,065	1,454	7,80	39.000,00	0,361	1,093
415,00	53,646	1,716	7,80	39.000,00	0,400	1,316
415,50	57,547	1,994	7,80	39.000,00	0,439	1,555
416,00	59,405	2,286	7,80	39.000,00	0,478	1,808
416,50	61,434	2,588	7,80	39.000,00	0,517	2,071
417,00	63,996	2,902	7,80	39.000,00	0,556	2,346
417,50	67,536	3,231	7,80	39.000,00	0,595	2,636
418,00	72,625	3,581	7,80	39.000,00	0,634	2,947
418,50	78,747	3,959	7,80	39.000,00	0,673	3,287
419,00	85,273	4,369	7,80	39.000,00	0,712	3,658
419,50	89,925	4,807	7,80	39.000,00	0,751	4,057
420,00	94,379	5,268	7,80	39.000,00	0,790	4,478
420,50	98,591	5,751	7,80	39.000,00	0,829	4,922
421,00	103,818	6,257	7,80	39.000,00	0,868	5,389
421,50	107,858	6,786	7,80	39.000,00	0,907	5,879
422,00	111,761	7,335	7,80	39.000,00	0,946	6,389
422,50	116,887	7,907	7,80	39.000,00	0,985	6,922
422,70	121,275	8,114	7,80	15.600,00	1,000	7,114
423,50	125,340	9,118	7,80	62.400,00	1,063	8,056
424,00	129,329	9,755	7,80	39.000,00	1,102	8,653
424,50	133,488	10,412	7,80	39.000,00	1,141	9,271
425,00	137,467	11,090	7,80	39.000,00	1,180	9,910
425,50	141,347	11,787	7,80	39.000,00	1,219	10,568
426,00	145,795	12,504	7,80	39.000,00	1,258	11,247
426,50	150,310	13,243	7,80	39.000,00	1,297	11,946
427,00	154,728	13,991	7,80	39.000,00	1,336	12,655
427,50	159,345	14,793	7,80	39.000,00	1,375	13,418
428,00	164,373	15,602	7,80	39.000,00	1,414	14,188
428,50	169,824	16,437	7,80	39.000,00	1,453	14,984
429,00	174,861	17,299	7,80	39.000,00	1,492	15,807
429,50	179,942	18,186	7,80	39.000,00	1,531	16,655
430,00	185,093	19,099	7,80	39.000,00	1,570	17,529
430,50	190,676	20,038	7,80	39.000,00	1,609	18,429
431,00	197,135	21,008	7,80	39.000,00	1,648	19,360
431,50	204,025	22,010	7,80	39.000,00	1,687	20,324
432,00	211,213	23,049	7,80	39.000,00	1,726	21,323
432,50	218,893	24,124	7,80	39.000,00	1,765	22,359
433,00	227,287	25,239	7,80	39.000,00	1,804	23,435
433,50	237,500	26,401	7,80	39.000,00	1,843	24,558
434,00	251,110	27,623	7,80	39.000,00	1,882	25,741
434,50	263,340	28,909	7,80	39.000,00	1,921	26,988
435,00	273,642	30,251	7,80	39.000,00	1,960	28,292
435,50	284,045	31,646	7,80	39.000,00	1,999	29,647
436,00	286,423	33,072	7,80	39.000,00	2,038	31,034
436,50	305,261	34,551	7,80	39.000,00	2,077	32,474

2020:

CAPACIDADES Y AREAS 2006			Area (Ha)	Altura de sedimentos en la toma		
COTAS	AREAS	CAPACIDADES	Ao	Volumen parcial de sedimentos	Volumen de sedimentos	Capacidad final
m.s.n.m.	Ha	Hm ³	m	m ³	Hm ³	Hm ³
409,50	0,802	0,000	0,80	0,00	0,000	0,000
410,00	4,884	0,016	4,88	14.214,90	0,014	0,002
410,50	10,257	0,054	10,26	37.852,22	0,052	0,002
410,65	12,700	0,073	12,70	17.217,67	0,069	0,003
411,00	19,089	0,127	12,70	44.450,00	0,114	0,014
411,50	26,504	0,241	12,70	63.500,00	0,177	0,064
412,00	32,126	0,388	12,70	63.500,00	0,241	0,147
412,50	37,152	0,561	12,70	63.500,00	0,304	0,257
413,00	40,986	0,757	12,70	63.500,00	0,368	0,389
413,50	45,138	0,972	12,70	63.500,00	0,431	0,541
414,00	48,321	1,205	12,70	63.500,00	0,495	0,711
414,50	51,065	1,454	12,70	63.500,00	0,558	0,896
415,00	53,646	1,716	12,70	63.500,00	0,622	1,094
415,50	57,547	1,994	12,70	63.500,00	0,685	1,308
416,00	59,405	2,286	12,70	63.500,00	0,749	1,537
416,50	61,434	2,588	12,70	63.500,00	0,812	1,776
417,00	63,996	2,902	12,70	63.500,00	0,876	2,026
417,50	67,536	3,231	12,70	63.500,00	0,939	2,291
418,00	72,625	3,581	12,70	63.500,00	1,003	2,578
418,50	78,747	3,959	12,70	63.500,00	1,066	2,893
419,00	85,273	4,369	12,70	63.500,00	1,130	3,240
419,50	89,925	4,807	12,70	63.500,00	1,193	3,614
420,00	94,379	5,268	12,70	63.500,00	1,257	4,012
420,50	98,591	5,751	12,70	63.500,00	1,320	4,430
421,00	103,818	6,257	12,70	63.500,00	1,384	4,873
421,50	107,858	6,786	12,70	63.500,00	1,447	5,339
422,00	111,761	7,335	12,70	63.500,00	1,511	5,824
422,50	116,887	7,907	12,70	63.500,00	1,574	6,332
422,70	121,275	8,114	12,70	25.400,00	1,600	6,514
423,50	125,340	9,118	12,70	101.600,00	1,701	7,417
424,00	129,329	9,755	12,70	63.500,00	1,765	7,990
424,50	133,488	10,412	12,70	63.500,00	1,828	8,584
425,00	137,467	11,090	12,70	63.500,00	1,892	9,198
425,50	141,347	11,787	12,70	63.500,00	1,955	9,831
426,00	145,795	12,504	12,70	63.500,00	2,019	10,486
426,50	150,310	13,243	12,70	63.500,00	2,082	11,161
427,00	154,728	13,991	12,70	63.500,00	2,146	11,845
427,50	159,345	14,793	12,70	63.500,00	2,209	12,583
428,00	164,373	15,602	12,70	63.500,00	2,273	13,329
428,50	169,824	16,437	12,70	63.500,00	2,336	14,101
429,00	174,861	17,299	12,70	63.500,00	2,400	14,899
429,50	179,942	18,186	12,70	63.500,00	2,463	15,723
430,00	185,093	19,099	12,70	63.500,00	2,527	16,572
430,50	190,676	20,038	12,70	63.500,00	2,590	17,448
431,00	197,135	21,008	12,70	63.500,00	2,654	18,354
431,50	204,025	22,010	12,70	63.500,00	2,717	19,293
432,00	211,213	23,049	12,70	63.500,00	2,781	20,268
432,50	218,893	24,124	12,70	63.500,00	2,844	21,280
433,00	227,287	25,239	12,70	63.500,00	2,908	22,332
433,50	237,500	26,401	12,70	63.500,00	2,971	23,430
434,00	251,110	27,623	12,70	63.500,00	3,035	24,588
434,50	263,340	28,909	12,70	63.500,00	3,098	25,811
435,00	273,642	30,251	12,70	63.500,00	3,162	27,090
435,50	284,045	31,646	12,70	63.500,00	3,225	28,420
436,00	286,423	33,072	12,70	63.500,00	3,289	29,783
436,50	305,261	34,551	12,70	63.500,00	3,352	31,199

2025:

CAPACIDADES Y AREAS 2006			Area (Ha) Ao	Altura de sedimentos en la toma		
COTAS	AREAS	CAPACIDADES		ho =	1,4	m
m.s.n.m.	Ha	Hm ³	m	Cota =	410,90	m.s.n.m.
409,50	0,802	0,000	0,80	0,00	0,000	0,000
410,00	4,884	0,016	4,88	14.214,90	0,014	0,002
410,50	10,257	0,054	10,26	37.852,22	0,052	0,002
410,90	17,400	0,110	17,40	55.313,79	0,107	0,003
411,00	19,089	0,127	17,40	17.400,00	0,125	0,003
411,50	26,504	0,241	17,40	87.000,00	0,212	0,030
412,00	32,126	0,388	17,40	87.000,00	0,299	0,089
412,50	37,152	0,561	17,40	87.000,00	0,386	0,175
413,00	40,986	0,757	17,40	87.000,00	0,473	0,284
413,50	45,138	0,972	17,40	87.000,00	0,560	0,412
414,00	48,321	1,205	17,40	87.000,00	0,647	0,559
414,50	51,065	1,454	17,40	87.000,00	0,734	0,720
415,00	53,646	1,716	17,40	87.000,00	0,821	0,895
415,50	57,547	1,994	17,40	87.000,00	0,908	1,086
416,00	59,405	2,286	17,40	87.000,00	0,995	1,291
416,50	61,434	2,588	17,40	87.000,00	1,082	1,506
417,00	63,996	2,902	17,40	87.000,00	1,169	1,733
417,50	67,536	3,231	17,40	87.000,00	1,256	1,975
418,00	72,625	3,581	17,40	87.000,00	1,343	2,238
418,50	78,747	3,959	17,40	87.000,00	1,430	2,530
419,00	85,273	4,369	17,40	87.000,00	1,517	2,853
419,50	89,925	4,807	17,40	87.000,00	1,604	3,204
420,00	94,379	5,268	17,40	87.000,00	1,691	3,577
420,50	98,591	5,751	17,40	87.000,00	1,778	3,973
421,00	103,818	6,257	17,40	87.000,00	1,865	4,392
421,50	107,858	6,786	17,40	87.000,00	1,952	4,834
422,00	111,761	7,335	17,40	87.000,00	2,039	5,296
422,50	116,887	7,907	17,40	87.000,00	2,126	5,781
422,70	121,275	8,114	17,40	34.800,00	2,161	5,953
423,50	125,340	9,118	17,40	139.200,00	2,300	6,819
424,00	129,329	9,755	17,40	87.000,00	2,387	7,368
424,50	133,488	10,412	17,40	87.000,00	2,474	7,938
425,00	137,467	11,090	17,40	87.000,00	2,561	8,529
425,50	141,347	11,787	17,40	87.000,00	2,648	9,139
426,00	145,795	12,504	17,40	87.000,00	2,735	9,770
426,50	150,310	13,243	17,40	87.000,00	2,822	10,421
427,00	154,728	13,991	17,40	87.000,00	2,909	11,082
427,50	159,345	14,793	17,40	87.000,00	2,996	11,797
428,00	164,373	15,602	17,40	87.000,00	3,083	12,519
428,50	169,824	16,437	17,40	87.000,00	3,170	13,268
429,00	174,861	17,299	17,40	87.000,00	3,257	14,042
429,50	179,942	18,186	17,40	87.000,00	3,344	14,842
430,00	185,093	19,099	17,40	87.000,00	3,431	15,668
430,50	190,676	20,038	17,40	87.000,00	3,518	16,520
431,00	197,135	21,008	17,40	87.000,00	3,605	17,403
431,50	204,025	22,010	17,40	87.000,00	3,692	18,319
432,00	211,213	23,049	17,40	87.000,00	3,779	19,270
432,50	218,893	24,124	17,40	87.000,00	3,866	20,258
433,00	227,287	25,239	17,40	87.000,00	3,953	21,287
433,50	237,500	26,401	17,40	87.000,00	4,040	22,361
434,00	251,110	27,623	17,40	87.000,00	4,127	23,496
434,50	263,340	28,909	17,40	87.000,00	4,214	24,695
435,00	273,642	30,251	17,40	87.000,00	4,301	25,951
435,50	284,045	31,646	17,40	87.000,00	4,388	27,258
436,00	286,423	33,072	17,40	87.000,00	4,475	28,597
436,50	305,261	34,551	17,40	87.000,00	4,562	29,989

2030:

CAPACIDADES Y AREAS 2006			Area (Ha) Ao	Altura de sedimentos en la toma		
COTAS	AREAS	CAPACIDADES		ho =	1,7	m
m.s.n.m.	Ha	Hm ³	m	Cota =	411,20	m.s.n.m.
409,50	0,802	0,000	0,80		0,00	0,000
410,00	4,884	0,016	4,88		14.214,90	0,014
410,50	10,257	0,054	10,26		37.852,22	0,052
411,00	19,089	0,127	19,09		73.364,64	0,125
411,20	22,250	0,168	22,25		41.338,96	0,167
411,50	26,504	0,241	22,25		66.750,00	0,234
412,00	32,126	0,388	22,25		111.250,00	0,345
412,50	37,152	0,561	22,25		111.250,00	0,456
413,00	40,986	0,757	22,25		111.250,00	0,567
413,50	45,138	0,972	22,25		111.250,00	0,679
414,00	48,321	1,205	22,25		111.250,00	0,790
414,50	51,065	1,454	22,25		111.250,00	0,901
415,00	53,646	1,716	22,25		111.250,00	1,012
415,50	57,547	1,994	22,25		111.250,00	1,124
416,00	59,405	2,286	22,25		111.250,00	1,235
416,50	61,434	2,588	22,25		111.250,00	1,346
417,00	63,996	2,902	22,25		111.250,00	1,457
417,50	67,536	3,231	22,25		111.250,00	1,569
418,00	72,625	3,581	22,25		111.250,00	1,680
418,50	78,747	3,959	22,25		111.250,00	1,791
419,00	85,273	4,369	22,25		111.250,00	1,902
419,50	89,925	4,807	22,25		111.250,00	2,014
420,00	94,379	5,268	22,25		111.250,00	2,125
420,50	98,591	5,751	22,25		111.250,00	2,236
421,00	103,818	6,257	22,25		111.250,00	2,347
421,50	107,858	6,786	22,25		111.250,00	2,459
422,00	111,761	7,335	22,25		111.250,00	2,570
422,50	116,887	7,907	22,25		111.250,00	2,681
422,70	121,275	8,114	22,25		44.500,00	2,726
423,50	125,340	9,118	22,25		178.000,00	2,904
424,00	129,329	9,755	22,25		111.250,00	3,015
424,50	133,488	10,412	22,25		111.250,00	3,126
425,00	137,467	11,090	22,25		111.250,00	3,237
425,50	141,347	11,787	22,25		111.250,00	3,349
426,00	145,795	12,504	22,25		111.250,00	3,460
426,50	150,310	13,243	22,25		111.250,00	3,571
427,00	154,728	13,991	22,25		111.250,00	3,682
427,50	159,345	14,793	22,25		111.250,00	3,794
428,00	164,373	15,602	22,25		111.250,00	3,905
428,50	169,824	16,437	22,25		111.250,00	4,016
429,00	174,861	17,299	22,25		111.250,00	4,127
429,50	179,942	18,186	22,25		111.250,00	4,239
430,00	185,093	19,099	22,25		111.250,00	4,350
430,50	190,676	20,038	22,25		111.250,00	4,461
431,00	197,135	21,008	22,25		111.250,00	4,572
431,50	204,025	22,010	22,25		111.250,00	4,684
432,00	211,213	23,049	22,25		111.250,00	4,795
432,50	218,893	24,124	22,25		111.250,00	4,906
433,00	227,287	25,239	22,25		111.250,00	5,017
433,50	237,500	26,401	22,25		111.250,00	5,129
434,00	251,110	27,623	22,25		111.250,00	5,240
434,50	263,340	28,909	22,25		111.250,00	5,351
435,00	273,642	30,251	22,25		111.250,00	5,462
435,50	284,045	31,646	22,25		111.250,00	5,574
436,00	286,423	33,072	22,25		111.250,00	5,685
436,50	305,261	34,551	22,25		111.250,00	5,796

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

2035:

Parametros:
 Prof. del embalse, H = 27,00 m.s.n.m.
 Vol. de sed. a repartir = 7.012.727,27 m³
 Diferencia = 147.312,51 m³

Altura de sedimentos en la toma
 ho = 2 m
 Cota = 411,50 m.s.n.m.

CAPACIDADES Y AREAS 2006			Area (Ha) Ao	Volumen parcial de sedimentos	Volumen de sedimentos	Capacidad final
COTAS	AREAS	CAPACIDADES				
m.s.n.m.	Ha	Hm ³	m	m ³	Hm ³	Hm ³
409,50	0,802	0,000	0,80	0,00	0,000	0,000
410,00	4,884	0,016	4,88	14.214,90	0,014	0,002
410,50	10,257	0,054	10,26	37.852,22	0,052	0,002
411,00	19,089	0,127	19,09	73.364,64	0,125	0,002
411,50	26,504	0,241	26,50	113.982,42	0,239	0,002
412,00	32,126	0,388	26,50	132.520,01	0,372	0,016
412,50	37,152	0,561	26,50	132.520,01	0,504	0,057
413,00	40,986	0,757	26,50	132.520,01	0,637	0,120
413,50	45,138	0,972	26,50	132.520,01	0,769	0,202
414,00	48,321	1,205	26,50	132.520,01	0,902	0,303
414,50	51,065	1,454	26,50	132.520,01	1,035	0,419
415,00	53,646	1,716	26,50	132.520,01	1,167	0,549
415,50	57,547	1,994	26,50	132.520,01	1,300	0,694
416,00	59,405	2,286	26,50	132.520,01	1,432	0,854
416,50	61,434	2,588	26,50	132.520,01	1,565	1,024
417,00	63,996	2,902	26,50	132.520,01	1,697	1,205
417,50	67,536	3,231	26,50	132.520,01	1,830	1,401
418,00	72,625	3,581	26,50	132.520,01	1,962	1,619
418,50	78,747	3,959	26,50	132.520,01	2,095	1,865
419,00	85,273	4,369	26,50	132.520,01	2,227	2,142
419,50	89,925	4,807	26,50	132.520,01	2,360	2,448
420,00	94,379	5,268	26,50	132.520,01	2,492	2,776
420,50	98,591	5,751	26,50	132.520,01	2,625	3,126
421,00	103,818	6,257	26,50	132.520,01	2,757	3,499
421,50	107,858	6,786	26,50	132.520,01	2,890	3,896
422,00	111,761	7,335	26,50	132.520,01	3,022	4,313
422,50	116,887	7,907	26,50	132.520,01	3,155	4,752
422,70	121,275	8,114	26,50	53.008,00	3,208	4,906
423,50	125,340	9,118	26,50	212.032,02	3,420	5,699
424,00	129,329	9,755	26,50	132.520,01	3,552	6,203
424,50	133,488	10,412	26,50	132.520,01	3,685	6,727
425,00	137,467	11,090	26,50	132.520,01	3,817	7,272
425,50	141,347	11,787	26,50	132.520,01	3,950	7,837
426,00	145,795	12,504	26,50	132.520,01	4,082	8,422
426,50	150,310	13,243	26,50	132.520,01	4,215	9,028
427,00	154,728	13,991	26,50	132.520,01	4,348	9,644
427,50	159,345	14,793	26,50	132.520,01	4,480	10,312
428,00	164,373	15,602	26,50	132.520,01	4,613	10,989
428,50	169,824	16,437	26,50	132.520,01	4,745	11,692
429,00	174,861	17,299	26,50	132.520,01	4,878	12,421
429,50	179,942	18,186	26,50	132.520,01	5,010	13,176
430,00	185,093	19,099	26,50	132.520,01	5,143	13,956
430,50	190,676	20,038	26,50	132.520,01	5,275	14,763
431,00	197,135	21,008	26,50	132.520,01	5,408	15,600
431,50	204,025	22,010	26,50	132.520,01	5,540	16,470
432,00	211,213	23,049	26,50	132.520,01	5,673	17,376
432,50	218,893	24,124	26,50	132.520,01	5,805	18,319
433,00	227,287	25,239	26,50	132.520,01	5,938	19,302
433,50	237,500	26,401	26,50	132.520,01	6,070	20,331
434,00	251,110	27,623	26,50	132.520,01	6,203	21,420
434,50	263,340	28,909	26,50	132.520,01	6,335	22,574
435,00	273,642	30,251	26,50	132.520,01	6,468	23,783
435,50	284,045	31,646	26,50	132.520,01	6,600	25,045
436,00	286,423	33,072	26,50	132.520,01	6,733	26,339
436,50	305,261	34,551	26,50	132.520,01	6,865	27,686

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

2040:

Parametros:
 Prof. del embalse, H = 27,00 m.s.n.m. Altura de sedimentos en la toma
 Vol. de sed. a repartir = 8.221.818,18 m³
 Diferencia = -34.918,14 m³

ho = 2,5 m
 Cota = 412,00 m.s.n.m.

CAPACIDADES Y AREAS 2006			Area (Ha) Ao	Volumen parcial de sedimentos m ³	Volumen de sedimentos Hm ³	Capacidad final Hm ³
COTAS	AREAS	CAPACIDADES				
m.s.n.m.	Ha	Hm ³	m	m ³	Hm ³	Hm ³
409,50	0,802	0,000	0,80	0,00	0,000	0,000
410,00	4,884	0,016	4,88	14.214,90	0,014	0,002
410,50	10,257	0,054	10,26	37.852,22	0,052	0,002
411,00	19,089	0,127	19,09	73.364,64	0,125	0,002
411,50	26,504	0,241	26,50	113.982,42	0,239	0,002
412,00	32,126	0,388	32,13	146.573,76	0,386	0,002
412,50	37,152	0,561	32,13	160.627,52	0,547	0,015
413,00	40,986	0,757	32,13	160.627,52	0,707	0,049
413,50	45,138	0,972	32,13	160.627,52	0,868	0,104
414,00	48,321	1,205	32,13	160.627,52	1,028	0,177
414,50	51,065	1,454	32,13	160.627,52	1,189	0,265
415,00	53,646	1,716	32,13	160.627,52	1,350	0,366
415,50	57,547	1,994	32,13	160.627,52	1,510	0,483
416,00	59,405	2,286	32,13	160.627,52	1,671	0,615
416,50	61,434	2,588	32,13	160.627,52	1,832	0,757
417,00	63,996	2,902	32,13	160.627,52	1,992	0,910
417,50	67,536	3,231	32,13	160.627,52	2,153	1,078
418,00	72,625	3,581	32,13	160.627,52	2,314	1,267
418,50	78,747	3,959	32,13	160.627,52	2,474	1,485
419,00	85,273	4,369	32,13	160.627,52	2,635	1,735
419,50	89,925	4,807	32,13	160.627,52	2,795	2,012
420,00	94,379	5,268	32,13	160.627,52	2,956	2,312
420,50	98,591	5,751	32,13	160.627,52	3,117	2,634
421,00	103,818	6,257	32,13	160.627,52	3,277	2,979
421,50	107,858	6,786	32,13	160.627,52	3,438	3,348
422,00	111,761	7,335	32,13	160.627,52	3,599	3,736
422,50	116,887	7,907	32,13	160.627,52	3,759	4,147
422,70	121,275	8,114	32,13	64.251,01	3,823	4,291
423,50	125,340	9,118	32,13	257.004,03	4,080	5,038
424,00	129,329	9,755	32,13	160.627,52	4,241	5,514
424,50	133,488	10,412	32,13	160.627,52	4,402	6,011
425,00	137,467	11,090	32,13	160.627,52	4,562	6,527
425,50	141,347	11,787	32,13	160.627,52	4,723	7,064
426,00	145,795	12,504	32,13	160.627,52	4,884	7,621
426,50	150,310	13,243	32,13	160.627,52	5,044	8,199
427,00	154,728	13,991	32,13	160.627,52	5,205	8,786
427,50	159,345	14,793	32,13	160.627,52	5,365	9,427
428,00	164,373	15,602	32,13	160.627,52	5,526	10,076
428,50	169,824	16,437	32,13	160.627,52	5,687	10,751
429,00	174,861	17,299	32,13	160.627,52	5,847	11,452
429,50	179,942	18,186	32,13	160.627,52	6,008	12,178
430,00	185,093	19,099	32,13	160.627,52	6,169	12,930
430,50	190,676	20,038	32,13	160.627,52	6,329	13,709
431,00	197,135	21,008	32,13	160.627,52	6,490	14,518
431,50	204,025	22,010	32,13	160.627,52	6,650	15,360
432,00	211,213	23,049	32,13	160.627,52	6,811	16,237
432,50	218,893	24,124	32,13	160.627,52	6,972	17,152
433,00	227,287	25,239	32,13	160.627,52	7,132	18,107
433,50	237,500	26,401	32,13	160.627,52	7,293	19,108
434,00	251,110	27,623	32,13	160.627,52	7,454	20,169
434,50	263,340	28,909	32,13	160.627,52	7,614	21,295
435,00	273,642	30,251	32,13	160.627,52	7,775	22,477
435,50	284,045	31,646	32,13	160.627,52	7,935	23,710
436,00	286,423	33,072	32,13	160.627,52	8,096	24,976
436,50	305,261	34,551	32,13	160.627,52	8,257	26,294

Anexo 6. Cuadros de cálculos para la distribución de sedimentos según el método reducción empírica de áreas para embalses tipo II

2006:

Constantes:

C = 2,32
m = 0,50
n = 0,40

Parametros:

Profundidad del embalse = 36,65 m
Cota de sedimentos al pie de la presa = 406,00 m.s.n.m.
Volumen de sedimentos a repartir = 10.000.000,00 m³
Diferencia = -94.672,92 m³
Error = 0,01

cota al pie de la presa

p = 0,14
ho = 4,95
Cota (m.s.n.m.) = 406,00

K = 27,92

CAPACIDADES Y AREAS original			Profundidad relativa (p)	Area relativa (Ap)	Area de sedimentos	VOLUMEN DE SEDIMENTOS PARCIAL	VOLUMEN DE SEDIMENTOS TOTAL	AREA FINAL	CAPACIDAD FINAL	CAPACIDAD FINAL
COTAS	AREAS	CAPACIDADES								
m.s.n.m.	Ha	Hm ³	adim	adim	Ha	m ³	m ³	Ha	m ³	Hm ³
401,05	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
403,00	9,000	0,088	0,05	0,52	9,00	87.750,00	87.750,00	0,00	0,00	0,000
405,00	18,000	0,358	0,11	0,73	18,00	270.000,00	357.750,00	0,00	0,00	0,000
406,00	22,500	0,560	0,14	0,81	22,50	202.500,00	560.250,00	0,00	0,00	0,000
407,00	27,000	0,808	0,16	0,87	27,00	247.500,00	807.750,00	0,00	0,00	0,000
407,50	29,200	0,948	0,18	0,90	25,19	130.476,55	938.226,55	4,01	10.023,45	0,010
408,00	32,000	1,101	0,19	0,93	25,97	127.913,40	1.066.139,95	6,03	35.110,05	0,035
408,50	35,000	1,269	0,20	0,96	26,71	131.713,94	1.197.853,89	8,29	70.896,11	0,071
409,00	38,000	1,451	0,22	0,98	27,40	135.283,71	1.333.137,60	10,60	118.112,40	0,118
409,50	41,000	1,649	0,23	1,00	28,05	138.639,91	1.471.777,51	12,95	176.972,49	0,177
410,00	44,000	1,861	0,24	1,03	28,67	141.797,06	1.613.574,57	15,33	247.675,43	0,248
410,50	48,000	2,091	0,26	1,05	29,24	144.767,52	1.758.342,09	18,76	332.907,91	0,333
411,00	50,000	2,336	0,27	1,07	29,78	147.561,91	1.905.904,00	20,22	430.346,00	0,430
411,50	53,111	2,594	0,29	1,09	30,29	150.189,36	2.056.093,37	22,82	537.934,41	0,538
412,00	56,084	2,867	0,30	1,10	30,77	152.657,81	2.208.751,17	25,31	658.265,49	0,658
412,50	59,058	3,155	0,31	1,12	31,22	154.974,13	2.363.725,31	27,84	791.146,92	0,791
413,00	62,031	3,458	0,33	1,13	31,64	157.144,34	2.520.869,65	30,39	936.724,80	0,937
413,50	65,000	3,775	0,34	1,15	32,03	159.173,67	2.680.043,32	32,97	1.095.128,91	1,095
414,00	69,000	4,110	0,35	1,16	32,40	161.066,68	2.841.110,00	36,60	1.269.062,22	1,269
415,00	76,000	4,835	0,38	1,18	33,05	327.222,87	3.168.332,87	42,95	1.666.839,35	1,667
417,00	95,000	6,545	0,44	1,22	34,06	671.070,81	3.839.403,68	60,94	2.705.768,54	2,706
419,00	112,500	8,620	0,49	1,24	34,69	687.500,96	4.526.904,64	77,81	4.093.267,59	4,093
421,00	132,500	11,070	0,54	1,25	34,96	696.470,58	5.223.375,22	97,54	5.846.797,00	5,847
423,00	154,000	13,935	0,60	1,25	34,84	697.971,84	5.921.347,06	119,16	8.013.825,16	8,014
425,00	174,000	17,215	0,65	1,23	34,33	691.683,60	6.613.030,66	139,67	10.602.141,56	10,602
427,00	195,000	20,905	0,71	1,20	33,36	676.905,97	7.289.936,63	161,64	13.615.235,60	13,615

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

429,00	217,000	25,025	0,76	1,14	31,88	652.393,62	7.942.330,25	185,12	17.082.841,97	17,083
431,00	238,000	29,575	0,82	1,06	29,72	615.977,86	8.558.308,11	208,28	21.016.864,12	21,017
433,00	262,500	34,580	0,87	0,95	26,64	563.622,36	9.121.930,46	235,86	25.458.241,76	25,458
435,00	285,000	40,055	0,93	0,79	22,00	486.397,35	9.608.327,81	263,00	30.446.844,41	30,447
437,70	319,000	49,000	1,00	0,00	0,00	296.999,27	9.905.327,08	319,00	39.094.672,92	39,095

2010:

<u>Constantes:</u>		<u>Parametros:</u>		cota al pie de la presa	
C =	2,32	Profundidad del embalse =	36,65	m	p = 0,16
m =	0,50	Cota de sedimentos al pie de la presa =	407,00	m.s.n.m.	ho = 5,95
n =	0,40	Volumen de sedimentos a repartir =	10.967.272,73	m ³	Cota (m.s.n.m.) = 407,00
		Diferencia =	-80.844,92	m ³	K = 30,95
		Error =	0,01		

CAPACIDADES Y AREAS original			Profundidad relativa (p)	Area relativa (Ap)	Area de sedimentos	VOLUMEN DE SEDIMENTOS PARCIAL	VOLUMEN DE SEDIMENTOS TOTAL	AREA FINAL	CAPACIDAD FINAL	CAPACIDAD FINAL
COTAS	AREAS	CAPACIDADES								
m.s.n.m.	Ha	Hm ³	adim	adim	Ha	m ³	m ³	Ha	m ³	Hm ³
401,05	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
403,00	9,000	0,088	0,05	0,52	9,00	87.750,00	87.750,00	0,00	0,00	0,000
405,00	18,000	0,358	0,11	0,73	18,00	270.000,00	357.750,00	0,00	0,00	0,000
407,00	27,000	0,808	0,16	0,87	27,00	450.000,00	807.750,00	0,00	0,00	0,000
407,50	29,200	0,948	0,18	0,90	27,93	137.318,83	945.068,83	1,27	3.181,17	0,003
408,00	32,000	1,101	0,19	0,93	28,80	141.810,94	1.086.879,78	3,20	14.370,22	0,014
408,50	35,000	1,269	0,20	0,96	29,61	146.024,41	1.232.904,18	5,39	35.845,82	0,036
409,00	38,000	1,451	0,22	0,98	30,38	149.982,03	1.382.886,22	7,62	68.363,78	0,068
409,50	41,000	1,649	0,23	1,00	31,10	153.702,88	1.536.589,09	9,90	112.160,91	0,112
410,00	44,000	1,861	0,24	1,03	31,78	157.203,04	1.693.792,13	12,22	167.457,87	0,167
410,50	48,000	2,091	0,26	1,05	32,42	160.496,24	1.854.288,37	15,58	236.961,63	0,237
411,00	50,000	2,336	0,27	1,07	33,02	163.594,23	2.017.882,61	16,98	318.367,39	0,318
411,50	53,111	2,594	0,29	1,09	33,58	166.507,15	2.184.389,76	19,53	409.638,02	0,410
412,00	56,084	2,867	0,30	1,10	34,11	169.243,79	2.353.633,54	21,97	513.383,12	0,513
412,50	59,058	3,155	0,31	1,12	34,61	171.811,78	2.525.445,32	24,45	629.426,90	0,629
413,00	62,031	3,458	0,33	1,13	35,08	174.217,78	2.699.663,10	26,95	757.931,35	0,758
413,50	65,000	3,775	0,34	1,15	35,51	176.467,59	2.876.130,68	29,49	899.041,54	0,899
414,00	69,000	4,110	0,35	1,16	35,92	178.566,27	3.054.696,96	33,08	1.055.475,27	1,055
415,00	76,000	4,835	0,38	1,18	36,64	362.775,01	3.417.471,97	39,36	1.417.700,25	1,418
417,00	95,000	6,545	0,44	1,22	37,76	743.981,38	4.161.453,35	57,24	2.383.718,88	2,384
419,00	112,500	8,620	0,49	1,24	38,46	762.196,63	4.923.649,98	74,04	3.696.522,25	3,697
421,00	132,500	11,070	0,54	1,25	38,75	772.140,79	5.695.790,76	93,75	5.374.381,46	5,374
423,00	154,000	13,935	0,60	1,25	38,63	773.805,16	6.469.595,92	115,37	7.465.576,30	7,466

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

425,00	174,000	17,215	0,65	1,23	38,06	766.833,71	7.236.429,63	135,94	9.978.742,59	9,979
427,00	195,000	20,905	0,71	1,20	36,99	750.450,51	7.986.880,15	158,01	12.918.292,08	12,918
429,00	217,000	25,025	0,76	1,14	35,34	723.274,95	8.710.155,10	181,66	16.315.017,13	16,315
431,00	238,000	29,575	0,82	1,06	32,95	682.902,68	9.393.057,78	205,05	20.182.114,45	20,182
433,00	262,500	34,580	0,87	0,95	29,53	624.858,85	10.017.916,63	232,97	24.562.255,59	24,562
435,00	285,000	40,055	0,93	0,79	24,39	539.243,50	10.557.160,13	260,61	29.498.012,09	29,498
437,70	319,000	49,000	1,00	0,00	0,00	329.267,67	10.886.427,80	319,00	38.113.572,20	38,114

2015:

Constantes:		Parametros:			cota al pie de la presa	
C =	2,32	Profundidad del embalse =	36,65	m	p =	0,19
m =	0,50	Cota de sedimentos al pie de la presa =	408,10	m.s.n.m.	ho =	7,05
n =	0,40	Volumen de sedimentos a repartir =	12.176.363,64	m ³	Cota (m.s.n.m.)	408,10
		Diferencia =	-49.017,45	m ³	=	
		Error =	0,00		K =	34,83

CAPACIDADES Y AREAS original			Profundidad relativa (p)	Area relativa (Ap)	Area de sedimentos	VOLUMEN DE SEDIMENTOS PARCIAL	VOLUMEN DE SEDIMENTOS TOTAL	AREA FINAL	CAPACIDAD FINAL	CAPACIDAD FINAL
COTAS	AREAS	CAPACIDADES								
m.s.n.m.	Ha	Hm ³	adim	adim	Ha	m ³	m ³	Ha	m ³	Hm ³
401,05	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
403,00	9,000	0,088	0,05	0,52	9,00	87.750,00	87.750,00	0,00	0,00	0,000
405,00	18,000	0,358	0,11	0,73	18,00	270.000,00	357.750,00	0,00	0,00	0,000
407,00	27,000	0,808	0,16	0,87	27,00	450.000,00	807.750,00	0,00	0,00	0,000
407,50	29,200	0,948	0,18	0,90	29,20	140.500,00	948.250,00	0,00	0,00	0,000
408,00	32,000	1,101	0,19	0,93	32,00	153.000,00	1.101.250,00	0,00	0,00	0,000
408,10	32,590	1,134	0,19	0,94	32,59	32.295,00	1.133.545,00	0,00	-45,00	0,000
408,50	35,000	1,269	0,20	0,96	33,32	131.819,91	1.265.364,91	1,68	3.385,09	0,003
409,00	38,000	1,451	0,22	0,98	34,18	168.757,24	1.434.122,15	3,82	17.127,85	0,017
409,50	41,000	1,649	0,23	1,00	34,99	172.943,87	1.607.066,02	6,01	41.683,98	0,042
410,00	44,000	1,861	0,24	1,03	35,76	176.882,20	1.783.948,22	8,24	77.301,78	0,077
410,50	48,000	2,091	0,26	1,05	36,48	180.587,65	1.964.535,87	11,52	126.714,13	0,127
411,00	50,000	2,336	0,27	1,07	37,15	184.073,46	2.148.609,33	12,85	187.640,67	0,188
411,50	53,111	2,594	0,29	1,09	37,79	187.351,03	2.335.960,36	15,32	258.067,42	0,258
412,00	56,084	2,867	0,30	1,10	38,38	190.430,24	2.526.390,60	17,70	340.626,06	0,341
412,50	59,058	3,155	0,31	1,12	38,94	193.319,70	2.719.710,30	20,11	435.161,92	0,435
413,00	62,031	3,458	0,33	1,13	39,47	196.026,89	2.915.737,19	22,56	541.857,25	0,542
413,50	65,000	3,775	0,34	1,15	39,96	198.558,34	3.114.295,53	25,04	660.876,69	0,661
414,00	69,000	4,110	0,35	1,16	40,41	200.919,75	3.315.215,28	28,59	794.956,94	0,795
415,00	76,000	4,835	0,38	1,18	41,23	408.188,30	3.723.403,58	34,77	1.111.768,64	1,112
417,00	95,000	6,545	0,44	1,22	42,49	837.115,24	4.560.518,83	52,51	1.984.653,40	1,985

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

419,00	112,500	8,620	0,49	1,24	43,28	857.610,74	5.418.129,57	69,22	3.202.042,66	3,202
421,00	132,500	11,070	0,54	1,25	43,60	868.799,74	6.286.929,30	88,90	4.783.242,92	4,783
423,00	154,000	13,935	0,60	1,25	43,46	870.672,46	7.157.601,76	110,54	6.777.570,46	6,778
425,00	174,000	17,215	0,65	1,23	42,82	862.828,30	8.020.430,06	131,18	9.194.742,16	9,195
427,00	195,000	20,905	0,71	1,20	41,62	844.394,21	8.864.824,27	153,38	12.040.347,95	12,040
429,00	217,000	25,025	0,76	1,14	39,76	813.816,72	9.678.640,99	177,24	15.346.531,23	15,347
431,00	238,000	29,575	0,82	1,06	37,08	768.390,53	10.447.031,53	200,92	19.128.140,70	19,128
433,00	262,500	34,580	0,87	0,95	33,23	703.080,60	11.150.112,13	229,27	23.430.060,10	23,430
435,00	285,000	40,055	0,93	0,79	27,44	606.747,65	11.756.859,78	257,56	28.298.312,44	28,298
437,70	319,000	49,000	1,00	0,00	0,00	370.486,41	12.127.346,19	319,00	36.872.653,81	36,873

2020:

Constantes:

C = 2,32
m = 0,50
n = 0,40

Parametros:

Profundidad del embalse = 36,65 m
Cota de sedimentos al pie de la presa = 409,00 m.s.n.m.
Volumen de sedimentos a repartir = 13.385.454,55 m³
Diferencia = -46.915,52 m³
Error = 0,00

cota al pie de la presa

p = 0,22
ho = 7,95
Cota (m.s.n.m.) = 409,00
K = 38,71

CAPACIDADES Y AREAS original			Profundidad relativa (p)	Area relativa (Ap)	Area de sedimentos	VOLUMEN DE SEDIMENTOS PARCIAL	VOLUMEN DE SEDIMENTOS TOTAL	AREA FINAL	CAPACIDAD FINAL	CAPACIDAD FINAL
COTAS	AREAS	CAPACIDADES								
m.s.n.m.	Ha	Hm ³	adim	adim	Ha	m ³	m ³	Ha	m ³	Hm ³
401,05	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
403,00	9,000	0,088	0,05	0,52	9,00	87.750,00	87.750,00	0,00	0,00	0,000
405,00	18,000	0,358	0,11	0,73	18,00	270.000,00	357.750,00	0,00	0,00	0,000
407,00	27,000	0,808	0,16	0,87	27,00	450.000,00	807.750,00	0,00	0,00	0,000
407,50	29,200	0,948	0,18	0,90	29,20	140.500,00	948.250,00	0,00	0,00	0,000
408,00	32,000	1,101	0,19	0,93	32,00	153.000,00	1.101.250,00	0,00	0,00	0,000
408,50	35,000	1,269	0,20	0,96	35,00	167.500,00	1.268.750,00	0,00	0,00	0,000
409,00	38,000	1,451	0,22	0,98	38,00	182.500,00	1.451.250,00	0,00	0,00	0,000
409,50	41,000	1,649	0,23	1,00	38,90	192.255,75	1.643.505,75	2,10	5.244,25	0,005
410,00	44,000	1,861	0,24	1,03	39,75	196.633,85	1.840.139,60	4,25	21.110,40	0,021
410,50	48,000	2,091	0,26	1,05	40,55	200.753,08	2.040.892,68	7,45	50.357,32	0,050
411,00	50,000	2,336	0,27	1,07	41,30	204.628,13	2.245.520,80	8,70	90.729,20	0,091
411,50	53,111	2,594	0,29	1,09	42,01	208.271,69	2.453.792,49	11,10	140.235,29	0,140
412,00	56,084	2,867	0,30	1,10	42,67	211.694,75	2.665.487,24	13,41	201.529,43	0,202
412,50	59,058	3,155	0,31	1,12	43,29	214.906,86	2.880.394,09	15,77	274.478,13	0,274
413,00	62,031	3,458	0,33	1,13	43,87	217.916,35	3.098.310,44	18,16	359.284,01	0,359
413,50	65,000	3,775	0,34	1,15	44,42	220.730,47	3.319.040,91	20,58	456.131,31	0,456
414,00	69,000	4,110	0,35	1,16	44,92	223.355,56	3.542.396,47	24,08	567.775,75	0,568
415,00	76,000	4,835	0,38	1,18	45,83	453.768,88	3.996.165,35	30,17	839.006,87	0,839

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

417,00	95,000	6,545	0,44	1,22	47,23	930.592,20	4.926.757,55	47,77	1.618.414,67	1,618
419,00	112,500	8,620	0,49	1,24	48,11	953.376,33	5.880.133,88	64,39	2.740.038,34	2,740
421,00	132,500	11,070	0,54	1,25	48,47	965.814,76	6.845.948,64	84,03	4.224.223,58	4,224
423,00	154,000	13,935	0,60	1,25	48,32	967.896,59	7.813.845,24	105,68	6.121.326,99	6,121
425,00	174,000	17,215	0,65	1,23	47,60	959.176,52	8.773.021,76	126,40	8.442.150,46	8,442
427,00	195,000	20,905	0,71	1,20	46,27	938.683,97	9.711.705,73	148,73	11.193.466,49	11,193
429,00	217,000	25,025	0,76	1,14	44,20	904.692,03	10.616.397,76	172,80	14.408.774,46	14,409
431,00	238,000	29,575	0,82	1,06	41,22	854.193,30	11.470.591,06	196,78	18.104.581,16	18,105
433,00	262,500	34,580	0,87	0,95	36,94	781.590,50	12.252.181,56	225,56	22.327.990,66	22,328
435,00	285,000	40,055	0,93	0,79	30,51	674.500,48	12.926.682,04	254,49	27.128.490,19	27,128
437,70	319,000	49,000	1,00	0,00	0,00	411.856,99	13.338.539,02	319,00	35.661.460,98	35,661

2025:

Constantes:

C = 2,32
m = 0,50
n = 0,40

Parametros:

Profundidad del embalse = 36,65 m
Cota de sedimentos al pie de la presa = 410,00 m.s.n.m.
Volumen de sedimentos a repartir = 14.594.545,45 m³
Diferencia = -5.904,98 m³
Error = 0,00

cota al pie de la presa

p = 0,24
ho = 8,95
Cota (m.s.n.m.) = 410,00

K = 42,85

CAPACIDADES Y AREAS original			Profundidad relativa (p)	Area relativa (Ap)	Area de sedimentos	VOLUMEN DE SEDIMENTOS PARCIAL	VOLUMEN DE SEDIMENTOS TOTAL	AREA FINAL	CAPACIDAD FINAL	CAPACIDAD FINAL
COTAS	AREAS	CAPACIDADES								
m.s.n.m.	Ha	Hm ³	adim	adim	Ha	m ³	m ³	Ha	m ³	Hm ³
401,05	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
403,00	9,000	0,088	0,05	0,52	9,00	87.750,00	87.750,00	0,00	0,00	0,000
405,00	18,000	0,358	0,11	0,73	18,00	270.000,00	357.750,00	0,00	0,00	0,000
407,00	27,000	0,808	0,16	0,87	27,00	450.000,00	807.750,00	0,00	0,00	0,000
407,50	29,200	0,948	0,18	0,90	29,20	140.500,00	948.250,00	0,00	0,00	0,000
408,00	32,000	1,101	0,19	0,93	32,00	153.000,00	1.101.250,00	0,00	0,00	0,000
408,50	35,000	1,269	0,20	0,96	35,00	167.500,00	1.268.750,00	0,00	0,00	0,000
409,00	38,000	1,451	0,22	0,98	38,00	182.500,00	1.451.250,00	0,00	0,00	0,000
409,50	41,000	1,649	0,23	1,00	41,00	197.500,00	1.648.750,00	0,00	0,00	0,000
410,00	44,000	1,861	0,24	1,03	44,00	212.500,00	1.861.250,00	0,00	0,00	0,000
410,50	48,000	2,091	0,26	1,05	44,88	222.210,30	2.083.460,30	3,12	7.789,70	0,008
411,00	50,000	2,336	0,27	1,07	45,72	226.499,53	2.309.959,83	4,28	26.290,17	0,026
411,50	53,111	2,594	0,29	1,09	46,50	230.532,53	2.540.492,36	6,61	53.535,42	0,054
412,00	56,084	2,867	0,30	1,10	47,23	234.321,46	2.774.813,81	8,85	92.202,85	0,092
412,50	59,058	3,155	0,31	1,12	47,92	237.876,89	3.012.690,70	11,14	142.181,52	0,142
413,00	62,031	3,458	0,33	1,13	48,56	241.208,04	3.253.898,74	13,47	203.695,70	0,204
413,50	65,000	3,775	0,34	1,15	49,17	244.322,95	3.498.221,70	15,83	276.950,53	0,277
414,00	69,000	4,110	0,35	1,16	49,73	247.228,63	3.745.450,32	19,27	364.721,90	0,365
415,00	76,000	4,835	0,38	1,18	50,73	502.269,36	4.247.719,68	25,27	587.452,54	0,587

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

417,00	95,000	6,545	0,44	1,22	52,28	1.030.057,30	5.277.776,98	42,72	1.267.395,24	1,267
419,00	112,500	8,620	0,49	1,24	53,25	1.055.276,69	6.333.053,67	59,25	2.287.118,55	2,287
421,00	132,500	11,070	0,54	1,25	53,65	1.069.044,58	7.402.098,25	78,85	3.668.073,97	3,668
423,00	154,000	13,935	0,60	1,25	53,48	1.071.348,93	8.473.447,18	100,52	5.461.725,05	5,462
425,00	174,000	17,215	0,65	1,23	52,69	1.061.696,82	9.535.144,00	121,31	7.680.028,22	7,680
427,00	195,000	20,905	0,71	1,20	51,21	1.039.013,95	10.574.157,95	143,79	10.331.014,27	10,331
429,00	217,000	25,025	0,76	1,14	48,93	1.001.388,83	11.575.546,78	168,07	13.449.625,44	13,450
431,00	238,000	29,575	0,82	1,06	45,62	945.492,61	12.521.039,39	192,38	17.054.132,83	17,054
433,00	262,500	34,580	0,87	0,95	40,89	865.129,75	13.386.169,14	221,61	21.194.003,08	21,194
435,00	285,000	40,055	0,93	0,79	33,77	746.593,56	14.132.762,70	251,23	25.922.409,52	25,922
437,70	319,000	49,000	1,00	0,00	0,00	455.877,77	14.588.640,47	319,00	34.411.359,53	34,411

2030:

Constantes:

C = 2,32
m = 0,50
n = 0,40

Parametros:

Profundidad del embalse = 36,65 m
Cota de sedimentos al pie de la presa = 411,00 m.s.n.m.
Volumen de sedimentos a repartir = 15.803.636,36 m³
Diferencia = -37.992,47 m³
Error = 0,00

cota al pie de la presa

p = 0,27
ho = 9,95
Cota (m.s.n.m.) = 411,00

K = 46,87

CAPACIDADES Y AREAS original			Profundidad relativa (p)	Area relativa (Ap)	Area de sedimentos	VOLUMEN DE SEDIMENTOS PARCIAL	VOLUMEN DE SEDIMENTOS TOTAL	AREA FINAL	CAPACIDAD FINAL	CAPACIDAD FINAL
COTAS	AREAS	CAPACIDADES								
m.s.n.m.	Ha	Hm ³	adim	adim	Ha	m ³	m ³	Ha	m ³	Hm ³
401,05	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
403,00	9,000	0,088	0,05	0,52	9,00	87.750,00	87.750,00	0,00	0,00	0,000
405,00	18,000	0,358	0,11	0,73	18,00	270.000,00	357.750,00	0,00	0,00	0,000
407,00	27,000	0,808	0,16	0,87	27,00	450.000,00	807.750,00	0,00	0,00	0,000
407,50	29,200	0,948	0,18	0,90	29,20	140.500,00	948.250,00	0,00	0,00	0,000
408,00	32,000	1,101	0,19	0,93	32,00	153.000,00	1.101.250,00	0,00	0,00	0,000
408,50	35,000	1,269	0,20	0,96	35,00	167.500,00	1.268.750,00	0,00	0,00	0,000
409,00	38,000	1,451	0,22	0,98	38,00	182.500,00	1.451.250,00	0,00	0,00	0,000
409,50	41,000	1,649	0,23	1,00	41,00	197.500,00	1.648.750,00	0,00	0,00	0,000
410,00	44,000	1,861	0,24	1,03	44,00	212.500,00	1.861.250,00	0,00	0,00	0,000
410,50	48,000	2,091	0,26	1,05	48,00	230.000,00	2.091.250,00	0,00	0,00	0,000
411,00	50,000	2,336	0,27	1,07	50,00	245.000,00	2.336.250,00	0,00	0,00	0,000
411,50	53,111	2,594	0,29	1,09	50,85	252.137,20	2.588.387,20	2,26	5.640,58	0,006
412,00	56,084	2,867	0,30	1,10	51,66	256.281,21	2.844.668,41	4,43	22.348,26	0,022
412,50	59,058	3,155	0,31	1,12	52,41	260.169,85	3.104.838,25	6,65	50.033,97	0,050
413,00	62,031	3,458	0,33	1,13	53,11	263.813,18	3.368.651,43	8,92	88.943,01	0,089
413,50	65,000	3,775	0,34	1,15	53,77	267.220,01	3.635.871,44	11,23	139.300,78	0,139
414,00	69,000	4,110	0,35	1,16	54,39	270.397,99	3.906.269,43	14,61	203.902,79	0,204
415,00	76,000	4,835	0,38	1,18	55,48	549.340,22	4.455.609,65	20,52	379.562,57	0,380

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

417,00	95,000	6,545	0,44	1,22	57,18	1.126.590,52	5.582.200,17	37,82	962.972,05	0,963
419,00	112,500	8,620	0,49	1,24	58,24	1.154.173,38	6.736.373,55	54,26	1.883.798,67	1,884
421,00	132,500	11,070	0,54	1,25	58,68	1.169.231,54	7.905.605,09	73,82	3.164.567,13	3,165
423,00	154,000	13,935	0,60	1,25	58,49	1.171.751,85	9.077.356,94	95,51	4.857.815,28	4,858
425,00	174,000	17,215	0,65	1,23	57,63	1.161.195,18	10.238.552,12	116,37	6.976.620,10	6,977
427,00	195,000	20,905	0,71	1,20	56,01	1.136.386,56	11.374.938,68	138,99	9.530.233,54	9,530
429,00	217,000	25,025	0,76	1,14	53,51	1.095.235,35	12.470.174,03	163,49	12.554.998,19	12,555
431,00	238,000	29,575	0,82	1,06	49,90	1.034.100,73	13.504.274,76	188,10	16.070.897,46	16,071
433,00	262,500	34,580	0,87	0,95	44,72	946.206,56	14.450.481,33	217,78	20.129.690,90	20,130
435,00	285,000	40,055	0,93	0,79	36,93	816.561,59	15.267.042,92	248,07	24.788.129,31	24,788
437,70	319,000	49,000	1,00	0,00	0,00	498.600,97	15.765.643,89	319,00	33.234.356,11	33,234

2033:

Constantes:

C = 2,32
 m = 0,50
 n = 0,40

Parametros:

Profundidad del embalse = 36,65 m
 Cota de sedimentos al pie de la presa = 411,50 m.s.n.m.
 Volumen de sedimentos a repartir = 16.529.090,91 m³
 Diferencia = -173.182,96 m³
 Error = 0,01

cota al pie de la presa

p = 0,29
 ho = 10,45
 Cota (m.s.n.m.) = 411,50

K = 48,95

CAPACIDADES Y AREAS original			Profundidad relativa (p)	Area relativa (Ap)	Area de sedimentos	VOLUMEN DE SEDIMENTOS PARCIAL	VOLUMEN DE SEDIMENTOS TOTAL	AREA FINAL	CAPACIDAD FINAL	CAPACIDAD FINAL
COTAS	AREAS	CAPACIDADES								
m.s.n.m.	Ha	Hm ³	adim	adim	Ha	m ³	m ³	Ha	m ³	Hm ³
401,05	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
403,00	9,000	0,088	0,05	0,52	9,00	87.750,00	87.750,00	0,00	0,00	0,000
405,00	18,000	0,358	0,11	0,73	18,00	270.000,00	357.750,00	0,00	0,00	0,000
407,00	27,000	0,808	0,16	0,87	27,00	450.000,00	807.750,00	0,00	0,00	0,000
407,50	29,200	0,948	0,18	0,90	29,20	140.500,00	948.250,00	0,00	0,00	0,000
408,00	32,000	1,101	0,19	0,93	32,00	153.000,00	1.101.250,00	0,00	0,00	0,000
408,50	35,000	1,269	0,20	0,96	35,00	167.500,00	1.268.750,00	0,00	0,00	0,000
409,00	38,000	1,451	0,22	0,98	38,00	182.500,00	1.451.250,00	0,00	0,00	0,000
409,50	41,000	1,649	0,23	1,00	41,00	197.500,00	1.648.750,00	0,00	0,00	0,000
410,00	44,000	1,861	0,24	1,03	44,00	212.500,00	1.861.250,00	0,00	0,00	0,000
410,50	48,000	2,091	0,26	1,05	48,00	230.000,00	2.091.250,00	0,00	0,00	0,000
411,00	50,000	2,336	0,27	1,07	50,00	245.000,00	2.336.250,00	0,00	0,00	0,000
411,50	53,111	2,594	0,29	1,09	53,11	257.777,78	2.594.027,78	0,00	0,00	0,000
412,00	56,084	2,867	0,30	1,10	53,95	267.651,41	2.861.679,18	2,13	5.337,48	0,005
412,50	59,058	3,155	0,31	1,12	54,74	271.712,57	3.133.391,75	4,32	21.480,47	0,021
413,00	62,031	3,458	0,33	1,13	55,47	275.517,54	3.408.909,29	6,56	48.685,15	0,049
413,50	65,000	3,775	0,34	1,15	56,16	279.075,52	3.687.984,81	8,84	87.187,41	0,087
414,00	69,000	4,110	0,35	1,16	56,80	282.394,50	3.970.379,31	12,20	139.792,91	0,140

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

415,00	76,000	4,835	0,38	1,18	57,94	573.712,30	4.544.091,61	18,06	291.080,61	0,291
417,00	95,000	6,545	0,44	1,22	59,71	1.176.572,95	5.720.664,56	35,29	824.507,66	0,825
419,00	112,500	8,620	0,49	1,24	60,82	1.205.379,55	6.926.044,11	51,68	1.694.128,12	1,694
421,00	132,500	11,070	0,54	1,25	61,29	1.221.105,78	8.147.149,89	71,21	2.923.022,33	2,923
423,00	154,000	13,935	0,60	1,25	61,09	1.223.737,91	9.370.887,80	92,91	4.564.284,42	4,564
425,00	174,000	17,215	0,65	1,23	60,18	1.212.712,88	10.583.600,68	113,82	6.631.571,54	6,632
427,00	195,000	20,905	0,71	1,20	58,50	1.186.803,60	11.770.404,28	136,50	9.134.767,94	9,135
429,00	217,000	25,025	0,76	1,14	55,89	1.143.826,67	12.914.230,95	161,11	12.110.941,27	12,111
431,00	238,000	29,575	0,82	1,06	52,11	1.079.979,75	13.994.210,70	185,89	15.580.961,52	15,581
433,00	262,500	34,580	0,87	0,95	46,71	988.186,06	14.982.396,76	215,79	19.597.775,47	19,598
435,00	285,000	40,055	0,93	0,79	38,57	852.789,24	15.835.186,00	246,43	24.219.986,22	24,220
437,70	319,000	49,000	1,00	0,00	0,00	520.721,95	16.355.907,95	319,00	32.644.092,05	32,644

2035:

Constantes:

C = 2,32
m = 0,50
n = 0,40

Parametros:

Profundidad del embalse = 36,65 m
Cota de sedimentos al pie de la presa = 412,10 m.s.n.m.
Volumen de sedimentos a repartir = 17.012.727,27 m³
Diferencia = -13.459,02 m³
Error = 0,00

cota al pie de la presa

p = 0,30
ho = 11,05
Cota (m.s.n.m.) = 412,10

K = 51,26

CAPACIDADES Y AREAS original			Profundidad relativa (p)	Area relativa (Ap)	Area de sedimentos	VOLUMEN DE SEDIMENTOS PARCIAL	VOLUMEN DE SEDIMENTOS TOTAL	AREA FINAL	CAPACIDAD FINAL	CAPACIDAD FINAL
COTAS	AREAS	CAPACIDADES								
m.s.n.m.	Ha	Hm ³	adim	adim	Ha	m ³	m ³	Ha	m ³	Hm ³
401,05	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
403,00	9,000	0,088	0,05	0,52	9,00	87.750,00	87.750,00	0,00	0,00	0,000
405,00	18,000	0,358	0,11	0,73	18,00	270.000,00	357.750,00	0,00	0,00	0,000
407,00	27,000	0,808	0,16	0,87	27,00	450.000,00	807.750,00	0,00	0,00	0,000
407,50	29,200	0,948	0,18	0,90	29,20	140.500,00	948.250,00	0,00	0,00	0,000
408,00	32,000	1,101	0,19	0,93	32,00	153.000,00	1.101.250,00	0,00	0,00	0,000
408,50	35,000	1,269	0,20	0,96	35,00	167.500,00	1.268.750,00	0,00	0,00	0,000
409,00	38,000	1,451	0,22	0,98	38,00	182.500,00	1.451.250,00	0,00	0,00	0,000
409,50	41,000	1,649	0,23	1,00	41,00	197.500,00	1.648.750,00	0,00	0,00	0,000
410,00	44,000	1,861	0,24	1,03	44,00	212.500,00	1.861.250,00	0,00	0,00	0,000
410,50	48,000	2,091	0,26	1,05	48,00	230.000,00	2.091.250,00	0,00	0,00	0,000
411,00	50,000	2,336	0,27	1,07	50,00	245.000,00	2.336.250,00	0,00	0,00	0,000
411,50	53,111	2,594	0,29	1,09	53,11	257.777,78	2.594.027,78	0,00	0,00	0,000
412,00	56,084	2,867	0,30	1,10	56,08	272.988,89	2.867.016,67	0,00	0,00	0,000
412,10	56,670	2,923	0,30	1,11	56,67	56.377,22	2.923.393,89	0,00	-0,39	0,000
412,50	59,058	3,155	0,31	1,12	57,32	227.988,68	3.151.382,56	1,73	3.489,66	0,003
413,00	62,031	3,458	0,33	1,13	58,10	288.548,37	3.439.930,93	3,94	17.663,51	0,018

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

413,50	65,000	3,775	0,34	1,15	58,81	292.274,62	3.732.205,55	6,19	42.966,67	0,043
414,00	69,000	4,110	0,35	1,16	59,49	295.750,57	4.027.956,12	9,51	82.216,10	0,082
415,00	76,000	4,835	0,38	1,18	60,68	600.846,48	4.628.802,60	15,32	206.369,62	0,206
417,00	95,000	6,545	0,44	1,22	62,54	1.232.219,91	5.861.022,51	32,46	684.149,71	0,684
419,00	112,500	8,620	0,49	1,24	63,70	1.262.388,94	7.123.411,45	48,80	1.496.760,77	1,497
421,00	132,500	11,070	0,54	1,25	64,19	1.278.858,96	8.402.270,41	68,31	2.667.901,81	2,668
423,00	154,000	13,935	0,60	1,25	63,98	1.281.615,57	9.683.885,98	90,02	4.251.286,24	4,251
425,00	174,000	17,215	0,65	1,23	63,03	1.270.069,11	10.953.955,09	110,97	6.261.217,13	6,261
427,00	195,000	20,905	0,71	1,20	61,26	1.242.934,42	12.196.889,51	133,74	8.708.282,71	8,708
429,00	217,000	25,025	0,76	1,14	58,53	1.197.924,87	13.394.814,38	158,47	11.630.357,84	11,630
431,00	238,000	29,575	0,82	1,06	54,58	1.131.058,26	14.525.872,64	183,42	15.049.299,58	15,049
433,00	262,500	34,580	0,87	0,95	48,92	1.034.923,11	15.560.795,75	213,58	19.019.376,48	19,019
435,00	285,000	40,055	0,93	0,79	40,40	893.122,59	16.453.918,34	244,60	23.601.253,88	23,601
437,70	319,000	49,000	1,00	0,00	0,00	545.349,92	16.999.268,26	319,00	32.000.731,74	32,001

2040:

Constantes:

C = 2,32
m = 0,50
n = 0,40

Parametros:

Profundidad del embalse = 36,65 m
Cota de sedimentos al pie de la presa = 413,30 m.s.n.m.
Volumen de sedimentos a repartir = 18.221.818,18 m³
Diferencia = -477,14 m³
Error = 0,00

cota al pie de la presa

p = 0,33
ho = 12,25
Cota (m.s.n.m.) = 413,30
K = 55,82

CAPACIDADES Y AREAS original			Profundidad relativa (p)	Area relativa (Ap)	Area de sedimentos	VOLUMEN DE SEDIMENTOS PARCIAL	VOLUMEN DE SEDIMENTOS TOTAL	AREA FINAL	CAPACIDAD FINAL	CAPACIDAD FINAL
COTAS	AREAS	CAPACIDADES								
m.s.n.m.	Ha	Hm ³	adim	adim	Ha	m ³	m ³	Ha	m ³	Hm ³
401,05	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
403,00	9,000	0,088	0,05	0,52	9,00	87.750,00	87.750,00	0,00	0,00	0,000
405,00	18,000	0,358	0,11	0,73	18,00	270.000,00	357.750,00	0,00	0,00	0,000
407,00	27,000	0,808	0,16	0,87	27,00	450.000,00	807.750,00	0,00	0,00	0,000
407,50	29,200	0,948	0,18	0,90	29,20	140.500,00	948.250,00	0,00	0,00	0,000
408,00	32,000	1,101	0,19	0,93	32,00	153.000,00	1.101.250,00	0,00	0,00	0,000
408,50	35,000	1,269	0,20	0,96	35,00	167.500,00	1.268.750,00	0,00	0,00	0,000
409,00	38,000	1,451	0,22	0,98	38,00	182.500,00	1.451.250,00	0,00	0,00	0,000
409,50	41,000	1,649	0,23	1,00	41,00	197.500,00	1.648.750,00	0,00	0,00	0,000
410,00	44,000	1,861	0,24	1,03	44,00	212.500,00	1.861.250,00	0,00	0,00	0,000
410,50	48,000	2,091	0,26	1,05	48,00	230.000,00	2.091.250,00	0,00	0,00	0,000
411,00	50,000	2,336	0,27	1,07	50,00	245.000,00	2.336.250,00	0,00	0,00	0,000
411,50	53,111	2,594	0,29	1,09	53,11	257.777,78	2.594.027,78	0,00	0,00	0,000
412,00	56,084	2,867	0,30	1,10	56,08	272.988,89	2.867.016,67	0,00	0,00	0,000
412,50	59,058	3,155	0,31	1,12	59,06	287.855,56	3.154.872,22	0,00	0,00	0,000

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

413,00	62,031	3,458	0,33	1,13	62,03	302.722,22	3.457.594,44	0,00	0,00	0,000
413,30	63,740	3,646	0,33	1,14	63,74	188.656,67	3.646.251,11	0,00	-251,11	0,000
413,50	65,000	3,775	0,34	1,15	64,05	127.787,02	3.774.038,13	0,95	1.134,09	0,001
414,00	69,000	4,110	0,35	1,16	64,78	322.060,59	4.096.098,72	4,22	14.073,50	0,014
415,00	76,000	4,835	0,38	1,18	66,08	654.297,89	4.750.396,61	9,92	84.775,61	0,085
417,00	95,000	6,545	0,44	1,22	68,10	1.341.838,40	6.092.235,02	26,90	452.937,21	0,453
419,00	112,500	8,620	0,49	1,24	69,37	1.374.691,28	7.466.926,29	43,13	1.153.245,93	1,153
421,00	132,500	11,070	0,54	1,25	69,90	1.392.626,48	8.859.552,77	62,60	2.210.619,45	2,211
423,00	154,000	13,935	0,60	1,25	69,67	1.395.628,32	10.255.181,09	84,33	3.679.991,13	3,680
425,00	174,000	17,215	0,65	1,23	68,64	1.383.054,68	11.638.235,77	105,36	5.576.936,46	5,577
427,00	195,000	20,905	0,71	1,20	66,71	1.353.506,08	12.991.741,85	128,29	7.913.430,37	7,913
429,00	217,000	25,025	0,76	1,14	63,74	1.304.492,47	14.296.234,32	153,26	10.728.937,90	10,729
431,00	238,000	29,575	0,82	1,06	59,43	1.231.677,40	15.527.911,72	178,57	14.047.260,51	14,047
433,00	262,500	34,580	0,87	0,95	53,27	1.126.990,05	16.654.901,77	209,23	17.925.270,46	17,925
435,00	285,000	40,055	0,93	0,79	43,99	972.574,93	17.627.476,70	241,01	22.427.695,52	22,428
437,70	319,000	49,000	1,00	0,00	0,00	593.864,34	18.221.341,04	319,00	30.778.658,96	30,779

Anexo 7. Cuadros de cálculos para la distribución de sedimentos según el método reducción empírica de áreas para embalses tipo III

2006:

<u>Constantes:</u>		<u>Parámetros:</u>			cota al pie de la presa	
C =	15,88	Profundidad del embalse =	36,65		p =	0,30
m =	1,10	Cota de sedimentos al pie de la presa =	412,00	m.s.n.m.	ho =	10,95
n =	2,30	Volumen de sedimentos a repartir =	10.000.000,00	m ³	Cota (m.s.n.m.) =	412,00
		Diferencia =	-45.906,33	m ³		
		Error =	0,00		K =	30,17

CAPACIDADES Y AREAS original			Profundidad relativa (p)	Area relativa (Ap)	Area de sedimentos	VOLUMEN DE SEDIMENTOS PARCIAL	VOLUMEN DE SEDIMENTOS TOTAL	AREA FINAL	CAPACIDAD FINAL	CAPACIDAD FINAL
COTAS	AREAS	CAPACIDADES								
m.s.n.m.	Ha	Hm ³	adim	adim	Ha	m ³	m ³	Ha	m ³	Hm ³
401,05	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
403,00	9,00	0,088	0,05	0,56	9,00	87.750,00	87.750,00	0,00	0,00	0,000
405,00	18,00	0,358	0,11	1,05	18,00	270.000,00	357.750,00	0,00	0,00	0,000
407,00	27,00	0,808	0,16	1,43	27,00	450.000,00	807.750,00	0,00	0,00	0,000
407,50	29,20	0,948	0,18	1,51	29,20	140.500,00	948.250,00	0,00	0,00	0,000
408,00	32,00	1,101	0,19	1,57	32,00	153.000,00	1.101.250,00	0,00	0,00	0,000
408,50	35,00	1,269	0,20	1,63	35,00	167.500,00	1.268.750,00	0,00	0,00	0,000
409,00	38,00	1,451	0,22	1,68	38,00	182.500,00	1.451.250,00	0,00	0,00	0,000
409,50	41,00	1,649	0,23	1,73	41,00	197.500,00	1.648.750,00	0,00	0,00	0,000
410,00	44,00	1,861	0,24	1,77	44,00	212.500,00	1.861.250,00	0,00	0,00	0,000
410,50	48,00	2,091	0,26	1,80	48,00	230.000,00	2.091.250,00	0,00	0,00	0,000
411,00	50,00	2,336	0,27	1,83	50,00	245.000,00	2.336.250,00	0,00	0,00	0,000
411,50	53,11	2,594	0,29	1,85	53,11	257.777,78	2.594.027,78	0,00	0,00	0,000
412,00	56,08	2,867	0,30	1,86	56,08	272.988,89	2.867.016,67	0,00	0,00	0,000
412,50	59,06	3,155	0,31	1,87	56,31	280.973,94	3.147.990,61	2,75	6.881,61	0,007
413,00	62,03	3,458	0,33	1,87	56,36	281.655,50	3.429.646,11	5,67	27.948,33	0,028
413,50	65,00	3,775	0,34	1,86	56,25	281.511,13	3.711.157,25	8,75	64.014,98	0,064
414,00	69,00	4,110	0,35	1,86	55,98	280.576,76	3.991.734,01	13,02	118.438,21	0,118
415,00	76,00	4,835	0,38	1,82	55,02	555.023,71	4.546.757,72	20,98	288.414,51	0,288
417,00	95,00	6,545	0,44	1,71	51,57	1.065.928,62	5.612.686,33	43,43	932.485,89	0,932
419,00	112,50	8,620	0,49	1,54	46,49	980.601,29	6.593.287,62	66,01	2.026.884,60	2,027
421,00	132,50	11,070	0,54	1,33	40,26	867.442,41	7.460.730,03	92,24	3.609.442,19	3,609
423,00	154,00	13,935	0,60	1,11	33,35	736.019,21	8.196.749,24	120,65	5.738.422,98	5,738
425,00	174,00	17,215	0,65	0,87	26,22	595.659,25	8.792.408,49	147,78	8.422.763,73	8,423
427,00	195,00	20,905	0,71	0,64	19,31	455.292,10	9.247.700,59	175,69	11.657.471,63	11,657

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

429,00	217,00	25,025	0,76	0,43	13,02	323.279,75	9.570.980,35	203,98	15.454.191,87	15,454
431,00	238,00	29,575	0,82	0,26	7,70	207.211,33	9.778.191,67	230,30	19.796.980,55	19,797
433,00	262,50	34,580	0,87	0,12	3,66	113.619,91	9.891.811,58	258,84	24.688.360,64	24,688
435,00	285,00	40,055	0,93	0,04	1,09	47.523,83	9.939.335,42	283,91	30.115.836,81	30,116
437,70	319,00	49,000	1,00	0,00	0,00	14.758,25	9.954.093,67	319,00	39.045.906,33	39,046

2010:

Constantes:

C = 15,88
m = 1,10
n = 2,30

Parametros:

Profundidad del embalse = 36,65
Cota de sedimentos al pie de la presa = 413,50 m.s.n.m.
Volumen de sedimentos a repartir = 10.967.272,73 m³
Diferencia = 22.294,76 m³
Error = 0,00

cota al pie de la presa

p = 0,34
ho = 12,45
Cota (m.s.n.m.) = 413,50
K = 34,87

CAPACIDADES Y AREAS original			Profundidad relativa (p)	Area relativa (Ap)	Area de sedimentos	VOLUMEN DE SEDIMENTOS PARCIAL	VOLUMEN DE SEDIMENTOS TOTAL	AREA FINAL	CAPACIDAD FINAL	CAPACIDAD FINAL
COTAS	AREAS	CAPACIDADES								
m.s.n.m.	Ha	Hm ³	adim	adim	Ha	m ³	m ³	Ha	m ³	Hm ³
401,05	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
403,00	9,00	0,088	0,05	0,56	9,00	87.750,00	87.750,00	0,00	0,00	0,000
405,00	18,00	0,358	0,11	1,05	18,00	270.000,00	357.750,00	0,00	0,00	0,000
407,00	27,00	0,808	0,16	1,43	27,00	450.000,00	807.750,00	0,00	0,00	0,000
407,50	29,20	0,948	0,18	1,51	29,20	140.500,00	948.250,00	0,00	0,00	0,000
408,00	32,00	1,101	0,19	1,57	32,00	153.000,00	1.101.250,00	0,00	0,00	0,000
408,50	35,00	1,269	0,20	1,63	35,00	167.500,00	1.268.750,00	0,00	0,00	0,000
409,00	38,00	1,451	0,22	1,68	38,00	182.500,00	1.451.250,00	0,00	0,00	0,000
409,50	41,00	1,649	0,23	1,73	41,00	197.500,00	1.648.750,00	0,00	0,00	0,000
410,00	44,00	1,861	0,24	1,77	44,00	212.500,00	1.861.250,00	0,00	0,00	0,000
410,50	48,00	2,091	0,26	1,80	48,00	230.000,00	2.091.250,00	0,00	0,00	0,000
411,00	50,00	2,336	0,27	1,83	50,00	245.000,00	2.336.250,00	0,00	0,00	0,000
411,50	53,11	2,594	0,29	1,85	53,11	257.777,78	2.594.027,78	0,00	0,00	0,000
412,00	56,08	2,867	0,30	1,86	56,08	272.988,89	2.867.016,67	0,00	0,00	0,000
412,50	59,06	3,155	0,31	1,87	59,06	287.855,56	3.154.872,22	0,00	0,00	0,000
413,00	62,03	3,458	0,33	1,87	62,03	302.722,22	3.457.594,44	0,00	0,00	0,000
413,50	65,00	3,775	0,34	1,86	65,00	317.577,78	3.775.172,22	0,00	0,00	0,000
414,00	69,00	4,110	0,35	1,86	64,69	324.237,11	4.099.409,33	4,31	10.762,89	0,011
415,00	76,00	4,835	0,38	1,82	63,58	641.390,55	4.740.799,88	12,42	94.372,34	0,094
417,00	95,00	6,545	0,44	1,71	59,60	1.231.797,00	5.972.596,88	35,40	572.575,34	0,573
419,00	112,50	8,620	0,49	1,54	53,72	1.133.191,95	7.105.788,83	58,78	1.514.383,39	1,514
421,00	132,50	11,070	0,54	1,33	46,52	1.002.424,50	8.108.213,33	85,98	2.961.958,89	2,962
423,00	154,00	13,935	0,60	1,11	38,54	850.550,63	8.958.763,96	115,46	4.976.408,27	4,976
425,00	174,00	17,215	0,65	0,87	30,30	688.349,36	9.647.113,32	143,70	7.568.058,91	7,568

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

427,00	195,00	20,905	0,71	0,64	22,31	526.139,78	10.173.253,10	172,69	10.731.919,13	10,732
429,00	217,00	25,025	0,76	0,43	15,04	373.585,08	10.546.838,18	201,96	14.478.334,04	14,478
431,00	238,00	29,575	0,82	0,26	8,90	239.455,33	10.786.293,51	229,10	18.788.878,71	18,789
433,00	262,50	34,580	0,87	0,12	4,23	131.300,22	10.917.593,73	258,27	23.662.578,49	23,663
435,00	285,00	40,055	0,93	0,04	1,26	54.918,98	10.972.512,71	283,74	29.082.659,51	29,083
437,70	319,00	49,000	1,00	0,00	0,00	17.054,77	10.989.567,49	319,00	38.010.432,51	38,010

2015:

Constantes:

C = 15,88
 m = 1,10
 n = 2,30

Parametros:

Profundidad del embalse = 36,65
 Cota de sedimentos al pie de la presa = 414,80
 Volumen de sedimentos a repartir = 12.176.363,64
 Diferencia = 4.409,60
 Error = 0,00

cota al pie de la presa

p = 0,38
 ho = 13,75
 Cota (m.s.n.m.) = 414,80
 K = 40,98

CAPACIDADES Y AREAS original			Profundidad relativa (p)	Area relativa (Ap)	Area de sedimentos	VOLUMEN DE SEDIMENTOS PARCIAL	VOLUMEN DE SEDIMENTOS TOTAL	AREA FINAL	CAPACIDAD FINAL	CAPACIDAD FINAL
COTAS	AREAS	CAPACIDADES								
m.s.n.m.	Ha	Hm ³	adim	adim	Ha	m ³	m ³	Ha	m ³	Hm ³
401,05	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
403,00	9,00	0,088	0,05	0,56	9,00	87.750,00	87.750,00	0,00	0,00	0,000
405,00	18,00	0,358	0,11	1,05	18,00	270.000,00	357.750,00	0,00	0,00	0,000
407,00	27,00	0,808	0,16	1,43	27,00	450.000,00	807.750,00	0,00	0,00	0,000
407,50	29,20	0,948	0,18	1,51	29,20	140.500,00	948.250,00	0,00	0,00	0,000
408,00	32,00	1,101	0,19	1,57	32,00	153.000,00	1.101.250,00	0,00	0,00	0,000
408,50	35,00	1,269	0,20	1,63	35,00	167.500,00	1.268.750,00	0,00	0,00	0,000
409,00	38,00	1,451	0,22	1,68	38,00	182.500,00	1.451.250,00	0,00	0,00	0,000
409,50	41,00	1,649	0,23	1,73	41,00	197.500,00	1.648.750,00	0,00	0,00	0,000
410,00	44,00	1,861	0,24	1,77	44,00	212.500,00	1.861.250,00	0,00	0,00	0,000
410,50	48,00	2,091	0,26	1,80	48,00	230.000,00	2.091.250,00	0,00	0,00	0,000
411,00	50,00	2,336	0,27	1,83	50,00	245.000,00	2.336.250,00	0,00	0,00	0,000
411,50	53,11	2,594	0,29	1,85	53,11	257.777,78	2.594.027,78	0,00	0,00	0,000
412,00	56,08	2,867	0,30	1,86	56,08	272.988,89	2.867.016,67	0,00	0,00	0,000
412,50	59,06	3,155	0,31	1,87	59,06	287.855,56	3.154.872,22	0,00	0,00	0,000
413,00	62,03	3,458	0,33	1,87	62,03	302.722,22	3.457.594,44	0,00	0,00	0,000
413,50	65,00	3,775	0,34	1,86	65,00	317.577,78	3.775.172,22	0,00	0,00	0,000
414,00	69,00	4,110	0,35	1,86	69,00	335.000,00	4.110.172,22	0,00	0,00	0,000
414,80	75,06	4,686	0,38	1,83	75,06	576.220,00	4.686.392,22	0,00	0,00	0,000
415,00	76,00	4,835	0,38	1,82	74,73	149.788,64	4.836.180,87	1,27	-1.008,64	-0,001
417,00	95,00	6,545	0,44	1,71	70,05	1.447.812,98	6.283.993,85	24,95	261.178,38	0,261
419,00	112,50	8,620	0,49	1,54	63,14	1.331.915,91	7.615.909,75	49,36	1.004.262,47	1,004
421,00	132,50	11,070	0,54	1,33	54,68	1.178.216,21	8.794.125,96	77,82	2.276.046,26	2,276

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

423,00	154,00	13,935	0,60	1,11	45,29	999.708,75	9.793.834,71	108,71	4.141.337,51	4,141
425,00	174,00	17,215	0,65	0,87	35,61	809.062,81	10.602.897,52	138,39	6.612.274,70	6,612
427,00	195,00	20,905	0,71	0,64	26,23	618.407,09	11.221.304,61	168,77	9.683.867,61	9,684
429,00	217,00	25,025	0,76	0,43	17,68	439.099,41	11.660.404,02	199,32	13.364.768,20	13,365
431,00	238,00	29,575	0,82	0,26	10,46	281.447,78	11.941.851,80	227,54	17.633.320,42	17,633
433,00	262,50	34,580	0,87	0,12	4,97	154.325,89	12.096.177,69	257,53	22.483.994,53	22,484
435,00	285,00	40,055	0,93	0,04	1,48	64.549,94	12.160.727,63	283,52	27.894.444,60	27,894
437,70	319,00	49,000	1,00	0,00	0,00	20.045,61	12.180.773,23	319,00	36.819.226,77	36,819

2020:

Constantes:

C = 15,88
m = 1,10
n = 2,30

Parametros:

Profundidad del embalse = 36,65
Cota de sedimentos al pie de la presa = 416,00 m.s.n.m.
Volumen de sedimentos a repartir = 13.385.454,55 m³
Diferencia = 47.985,87 m³
Error = 0,00

cota al pie de la presa

p = 0,41
ho = 14,95
Cota (m.s.n.m.) = 416,00
K = 48,29

CAPACIDADES Y AREAS original			Profundidad relativa (p)	Area relativa (Ap)	Area de sedimentos	VOLUMEN DE SEDIMENTOS PARCIAL	VOLUMEN DE SEDIMENTOS TOTAL	AREA FINAL	CAPACIDAD FINAL	CAPACIDAD FINAL
COTAS	AREAS	CAPACIDADES								
m.s.n.m.	Ha	Hm ³	adim	adim	Ha	m ³	m ³	Ha	m ³	Hm ³
401,05	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
403,00	9,00	0,088	0,05	0,56	9,00	87.750,00	87.750,00	0,00	0,00	0,000
405,00	18,00	0,358	0,11	1,05	18,00	270.000,00	357.750,00	0,00	0,00	0,000
407,00	27,00	0,808	0,16	1,43	27,00	450.000,00	807.750,00	0,00	0,00	0,000
407,50	29,20	0,948	0,18	1,51	29,20	140.500,00	948.250,00	0,00	0,00	0,000
408,00	32,00	1,101	0,19	1,57	32,00	153.000,00	1.101.250,00	0,00	0,00	0,000
408,50	35,00	1,269	0,20	1,63	35,00	167.500,00	1.268.750,00	0,00	0,00	0,000
409,00	38,00	1,451	0,22	1,68	38,00	182.500,00	1.451.250,00	0,00	0,00	0,000
409,50	41,00	1,649	0,23	1,73	41,00	197.500,00	1.648.750,00	0,00	0,00	0,000
410,00	44,00	1,861	0,24	1,77	44,00	212.500,00	1.861.250,00	0,00	0,00	0,000
410,50	48,00	2,091	0,26	1,80	48,00	230.000,00	2.091.250,00	0,00	0,00	0,000
411,00	50,00	2,336	0,27	1,83	50,00	245.000,00	2.336.250,00	0,00	0,00	0,000
411,50	53,11	2,594	0,29	1,85	53,11	257.777,78	2.594.027,78	0,00	0,00	0,000
412,00	56,08	2,867	0,30	1,86	56,08	272.988,89	2.867.016,67	0,00	0,00	0,000
412,50	59,06	3,155	0,31	1,87	59,06	287.855,56	3.154.872,22	0,00	0,00	0,000
413,00	62,03	3,458	0,33	1,87	62,03	302.722,22	3.457.594,44	0,00	0,00	0,000
413,50	65,00	3,775	0,34	1,86	65,00	317.577,78	3.775.172,22	0,00	0,00	0,000
414,00	69,00	4,110	0,35	1,86	69,00	335.000,00	4.110.172,22	0,00	0,00	0,000
415,00	76,00	4,835	0,38	1,82	76,00	725.000,00	4.835.172,22	0,00	0,00	0,000
416,00	85,68	5,713	0,41	1,77	85,68	808.400,00	5.643.572,22	0,00	69.127,78	0,069
417,00	95,00	6,545	0,44	1,71	82,54	841.119,81	6.484.692,03	12,46	60.480,19	0,060

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

419,00	112,50	8,620	0,49	1,54	74,41	1.569.525,99	8.054.218,02	38,09	565.954,20	0,566
421,00	132,50	11,070	0,54	1,33	64,43	1.388.406,70	9.442.624,72	68,07	1.627.547,50	1,628
423,00	154,00	13,935	0,60	1,11	53,37	1.178.054,00	10.620.678,72	100,63	3.314.493,50	3,314
425,00	174,00	17,215	0,65	0,87	41,97	953.397,36	11.574.076,08	132,03	5.641.096,15	5,641
427,00	195,00	20,905	0,71	0,64	30,91	728.729,19	12.302.805,27	164,09	8.602.366,95	8,602
429,00	217,00	25,025	0,76	0,43	20,84	517.433,52	12.820.238,79	196,16	12.204.933,44	12,205
431,00	238,00	29,575	0,82	0,26	12,33	331.657,28	13.151.896,07	225,67	16.423.276,15	16,423
433,00	262,50	34,580	0,87	0,12	5,86	181.857,20	13.333.753,27	256,64	21.246.418,96	21,246
435,00	285,00	40,055	0,93	0,04	1,75	76.065,46	13.409.818,73	283,25	26.645.353,49	26,645
437,70	319,00	49,000	1,00	0,00	0,00	23.621,69	13.433.440,42	319,00	35.566.559,58	35,567

2025:

Constantes:

C = 15,88
m = 1,10
n = 2,30

Parametros:

Profundidad del embalse = 36,65
Cota de sedimentos al pie de la presa = 417,00 m.s.n.m.
Volumen de sedimentos a repartir = 14.594.545,45 m³
Diferencia = -52.045,70 m³
Error = 0,00

cota al pie de la presa

p = 0,44
ho = 15,95
Cota (m.s.n.m.) = 417,00
K = 55,58

CAPACIDADES Y AREAS original			Profundidad relativa (p)	Area relativa (Ap)	Area de sedimentos	VOLUMEN DE SEDIMENTOS PARCIAL	VOLUMEN DE SEDIMENTOS TOTAL	AREA FINAL	CAPACIDAD FINAL	CAPACIDAD FINAL
COTAS	AREAS	CAPACIDADES								
m.s.n.m.	Ha	Hm ³	adim	adim	Ha	m ³	m ³	Ha	m ³	Hm ³
401,05	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
403,00	9,00	0,088	0,05	0,56	9,00	87.750,00	87.750,00	0,00	0,00	0,000
405,00	18,00	0,358	0,11	1,05	18,00	270.000,00	357.750,00	0,00	0,00	0,000
407,00	27,00	0,808	0,16	1,43	27,00	450.000,00	807.750,00	0,00	0,00	0,000
407,50	29,20	0,948	0,18	1,51	29,20	140.500,00	948.250,00	0,00	0,00	0,000
408,00	32,00	1,101	0,19	1,57	32,00	153.000,00	1.101.250,00	0,00	0,00	0,000
408,50	35,00	1,269	0,20	1,63	35,00	167.500,00	1.268.750,00	0,00	0,00	0,000
409,00	38,00	1,451	0,22	1,68	38,00	182.500,00	1.451.250,00	0,00	0,00	0,000
409,50	41,00	1,649	0,23	1,73	41,00	197.500,00	1.648.750,00	0,00	0,00	0,000
410,00	44,00	1,861	0,24	1,77	44,00	212.500,00	1.861.250,00	0,00	0,00	0,000
410,50	48,00	2,091	0,26	1,80	48,00	230.000,00	2.091.250,00	0,00	0,00	0,000
411,00	50,00	2,336	0,27	1,83	50,00	245.000,00	2.336.250,00	0,00	0,00	0,000
411,50	53,11	2,594	0,29	1,85	53,11	257.777,78	2.594.027,78	0,00	0,00	0,000
412,00	56,08	2,867	0,30	1,86	56,08	272.988,89	2.867.016,67	0,00	0,00	0,000
412,50	59,06	3,155	0,31	1,87	59,06	287.855,56	3.154.872,22	0,00	0,00	0,000
413,00	62,03	3,458	0,33	1,87	62,03	302.722,22	3.457.594,44	0,00	0,00	0,000
413,50	65,00	3,775	0,34	1,86	65,00	317.577,78	3.775.172,22	0,00	0,00	0,000
414,00	69,00	4,110	0,35	1,86	69,00	335.000,00	4.110.172,22	0,00	0,00	0,000
415,00	76,00	4,835	0,38	1,82	76,00	725.000,00	4.835.172,22	0,00	0,00	0,000

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

417,00	95,00	6,545	0,44	1,71	95,00	1.710.000,00	6.545.172,22	0,00	0,00	0,000
419,00	112,50	8,620	0,49	1,54	85,64	1.806.370,40	8.351.542,62	26,86	268.629,60	0,269
421,00	132,50	11,070	0,54	1,33	74,15	1.597.919,87	9.949.462,49	58,35	1.120.709,73	1,121
423,00	154,00	13,935	0,60	1,11	61,43	1.355.824,56	11.305.287,05	92,57	2.629.885,18	2,630
425,00	174,00	17,215	0,65	0,87	48,30	1.097.266,80	12.402.553,85	125,70	4.812.618,37	4,813
427,00	195,00	20,905	0,71	0,64	35,57	838.695,79	13.241.249,64	159,43	7.663.922,58	7,664
429,00	217,00	25,025	0,76	0,43	23,98	595.515,20	13.836.764,84	193,02	11.188.407,38	11,188
431,00	238,00	29,575	0,82	0,26	14,19	381.704,99	14.218.469,83	223,81	15.356.702,39	15,357
433,00	262,50	34,580	0,87	0,12	6,74	209.299,79	14.427.769,62	255,76	20.152.402,60	20,152
435,00	285,00	40,055	0,93	0,04	2,01	87.543,89	14.515.313,51	282,99	25.539.858,72	25,540
437,70	319,00	49,000	1,00	0,00	0,00	27.186,25	14.542.499,75	319,00	34.457.500,25	34,458

2030:

Constantes:

C = 15,88
 m = 1,10
 n = 2,30

Parametros:

Profundidad del embalse = 36,65
 Cota de sedimentos al pie de la presa = 418,20 m.s.n.m.
 Volumen de sedimentos a repartir = 15.803.636,36 m³
 Diferencia = 43.775,46 m³
 Error = 0,00

cota al pie de la presa

p = 0,47
 ho = 17,15
 Cota (m.s.n.m.) = 418,20
 K = 65,32

CAPACIDADES Y AREAS original			Profundidad relativa (p)	Area relativa (Ap)	Area de sedimentos	VOLUMEN DE SEDIMENTOS PARCIAL	VOLUMEN DE SEDIMENTOS TOTAL	AREA FINAL	CAPACIDAD FINAL	CAPACIDAD FINAL
COTAS	AREAS	CAPACIDADES								
m.s.n.m.	Ha	Hm ³	adim	adim	Ha	m ³	m ³	Ha	m ³	Hm ³
401,05	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
403,00	9,00	0,088	0,05	0,56	9,00	87.750,00	87.750,00	0,00	0,00	0,000
405,00	18,00	0,358	0,11	1,05	18,00	270.000,00	357.750,00	0,00	0,00	0,000
407,00	27,00	0,808	0,16	1,43	27,00	450.000,00	807.750,00	0,00	0,00	0,000
407,50	29,20	0,948	0,18	1,51	29,20	140.500,00	948.250,00	0,00	0,00	0,000
408,00	32,00	1,101	0,19	1,57	32,00	153.000,00	1.101.250,00	0,00	0,00	0,000
408,50	35,00	1,269	0,20	1,63	35,00	167.500,00	1.268.750,00	0,00	0,00	0,000
409,00	38,00	1,451	0,22	1,68	38,00	182.500,00	1.451.250,00	0,00	0,00	0,000
409,50	41,00	1,649	0,23	1,73	41,00	197.500,00	1.648.750,00	0,00	0,00	0,000
410,00	44,00	1,861	0,24	1,77	44,00	212.500,00	1.861.250,00	0,00	0,00	0,000
410,50	48,00	2,091	0,26	1,80	48,00	230.000,00	2.091.250,00	0,00	0,00	0,000
411,00	50,00	2,336	0,27	1,83	50,00	245.000,00	2.336.250,00	0,00	0,00	0,000
411,50	53,11	2,594	0,29	1,85	53,11	257.777,78	2.594.027,78	0,00	0,00	0,000
412,00	56,08	2,867	0,30	1,86	56,08	272.988,89	2.867.016,67	0,00	0,00	0,000
412,50	59,06	3,155	0,31	1,87	59,06	287.855,56	3.154.872,22	0,00	0,00	0,000
413,00	62,03	3,458	0,33	1,87	62,03	302.722,22	3.457.594,44	0,00	0,00	0,000
413,50	65,00	3,775	0,34	1,86	65,00	317.577,78	3.775.172,22	0,00	0,00	0,000
414,00	69,00	4,110	0,35	1,86	69,00	335.000,00	4.110.172,22	0,00	0,00	0,000

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

415,00	76,00	4,835	0,38	1,82	76,00	725.000,00	4.835.172,22	0,00	0,00	0,000
417,00	95,00	6,545	0,44	1,71	95,00	1.710.000,00	6.545.172,22	0,00	0,00	0,000
418,20	105,40	7,748	0,47	1,61	105,40	1.202.400,00	7.747.572,22	0,00	0,00	0,000
419,00	112,50	8,620	0,49	1,54	100,64	824.165,96	8.571.738,19	11,86	48.434,04	0,048
421,00	132,50	11,070	0,54	1,33	87,15	1.877.891,13	10.449.629,31	45,35	620.542,91	0,621
423,00	154,00	13,935	0,60	1,11	72,19	1.593.378,34	12.043.007,65	81,81	1.892.164,57	1,892
425,00	174,00	17,215	0,65	0,87	56,76	1.289.518,73	13.332.526,38	117,24	3.882.645,84	3,883
427,00	195,00	20,905	0,71	0,64	41,80	985.643,53	14.318.169,91	153,20	6.587.002,31	6,587
429,00	217,00	25,025	0,76	0,43	28,18	699.855,32	15.018.025,23	188,82	10.007.146,99	10,007
431,00	238,00	29,575	0,82	0,26	16,68	448.583,45	15.466.608,68	221,32	14.108.563,54	14,109
433,00	262,50	34,580	0,87	0,12	7,92	245.971,17	15.712.579,85	254,58	18.867.592,37	18,868
435,00	285,00	40,055	0,93	0,04	2,37	102.882,43	15.815.462,28	282,63	24.239.709,94	24,240
437,70	319,00	49,000	1,00	0,00	0,00	31.949,54	15.847.411,83	319,00	33.152.588,17	33,153

2035:

Constantes:

C = 15,88
m = 1,10
n = 2,30

Parametros:

Profundidad del embalse = 36,65
Cota de sedimentos al pie de la presa = 419,20 m.s.n.m.
Volumen de sedimentos a repartir = 17.012.727,27 m³
Diferencia = -17.213,56 m³
Error = 0,00

cota al pie de la presa

p = 0,50
ho = 18,15
Cota (m.s.n.m.) = 419,20

K = 75,21

CAPACIDADES Y AREAS original			Profundidad relativa (p)	Area relativa (Ap)	Area de sedimentos	VOLUMEN DE SEDIMENTOS PARCIAL	VOLUMEN DE SEDIMENTOS TOTAL	AREA FINAL	CAPACIDAD FINAL	CAPACIDAD FINAL
COTAS	AREAS	CAPACIDADES								
m.s.n.m.	Ha	Hm ³	adim	adim	Ha	m ³	m ³	Ha	m ³	Hm ³
401,05	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
403,00	9,00	0,088	0,05	0,56	9,00	87.750,00	87.750,00	0,00	0,00	0,000
405,00	18,00	0,358	0,11	1,05	18,00	270.000,00	357.750,00	0,00	0,00	0,000
407,00	27,00	0,808	0,16	1,43	27,00	450.000,00	807.750,00	0,00	0,00	0,000
407,50	29,20	0,948	0,18	1,51	29,20	140.500,00	948.250,00	0,00	0,00	0,000
408,00	32,00	1,101	0,19	1,57	32,00	153.000,00	1.101.250,00	0,00	0,00	0,000
408,50	35,00	1,269	0,20	1,63	35,00	167.500,00	1.268.750,00	0,00	0,00	0,000
409,00	38,00	1,451	0,22	1,68	38,00	182.500,00	1.451.250,00	0,00	0,00	0,000
409,50	41,00	1,649	0,23	1,73	41,00	197.500,00	1.648.750,00	0,00	0,00	0,000
410,00	44,00	1,861	0,24	1,77	44,00	212.500,00	1.861.250,00	0,00	0,00	0,000
410,50	48,00	2,091	0,26	1,80	48,00	230.000,00	2.091.250,00	0,00	0,00	0,000
411,00	50,00	2,336	0,27	1,83	50,00	245.000,00	2.336.250,00	0,00	0,00	0,000
411,50	53,11	2,594	0,29	1,85	53,11	257.777,78	2.594.027,78	0,00	0,00	0,000
412,00	56,08	2,867	0,30	1,86	56,08	272.988,89	2.867.016,67	0,00	0,00	0,000
412,50	59,06	3,155	0,31	1,87	59,06	287.855,56	3.154.872,22	0,00	0,00	0,000
413,00	62,03	3,458	0,33	1,87	62,03	302.722,22	3.457.594,44	0,00	0,00	0,000

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

413,50	65,00	3,775	0,34	1,86	65,00	317.577,78	3.775.172,22	0,00	0,00	0,000
414,00	69,00	4,110	0,35	1,86	69,00	335.000,00	4.110.172,22	0,00	0,00	0,000
415,00	76,00	4,835	0,38	1,82	76,00	725.000,00	4.835.172,22	0,00	0,00	0,000
417,00	95,00	6,545	0,44	1,71	95,00	1.710.000,00	6.545.172,22	0,00	0,00	0,000
419,00	112,50	8,620	0,49	1,54	112,50	2.075.000,00	8.620.172,22	0,00	0,00	0,000
419,20	114,44	8,826	0,50	1,52	114,44	226.940,00	8.847.112,22	0,00	-21.112,22	-0,021
421,00	132,50	11,070	0,54	1,33	100,35	1.933.081,47	10.780.193,69	32,15	289.978,53	0,290
423,00	154,00	13,935	0,60	1,11	83,12	1.834.708,28	12.614.901,97	70,88	1.320.270,25	1,320
425,00	174,00	17,215	0,65	0,87	65,36	1.484.826,69	14.099.728,67	108,64	3.115.443,56	3,115
427,00	195,00	20,905	0,71	0,64	48,13	1.134.927,16	15.234.655,83	146,87	5.670.516,39	5,671
429,00	217,00	25,025	0,76	0,43	32,45	805.854,03	16.040.509,86	184,55	8.984.662,37	8,985
431,00	238,00	29,575	0,82	0,26	19,20	516.525,02	16.557.034,88	218,80	13.018.137,35	13,018
433,00	262,50	34,580	0,87	0,12	9,12	283.225,48	16.840.260,35	253,38	17.739.911,87	17,740
435,00	285,00	40,055	0,93	0,04	2,73	118.464,81	16.958.725,16	282,27	23.096.447,06	23,096
437,70	319,00	49,000	1,00	0,00	0,00	36.788,56	16.995.513,72	319,00	32.004.486,28	32,004

2040:

Constantes:

C = 15,88
m = 1,10
n = 2,30

Parametros:

Profundidad del embalse = 36,65
Cota de sedimentos al pie de la presa = 420,20 m.s.n.m.
Volumen de sedimentos a repartir = 18.221.818,18 m³
Diferencia = 15.123,33 m³
Error = 0,00

cota al pie de la presa

p = 0,52
ho = 19,15
Cota (m.s.n.m.) = 420,20

K = 87,51

CAPACIDADES Y AREAS original			Profundidad relativa (p)	Area relativa (Ap)	Area de sedimentos	VOLUMEN DE SEDIMENTOS PARCIAL	VOLUMEN DE SEDIMENTOS TOTAL	AREA FINAL	CAPACIDAD FINAL	CAPACIDAD FINAL
COTAS	AREAS	CAPACIDADES								
m.s.n.m.	Ha	Hm ³	adim	adim	Ha	m ³	m ³	Ha	m ³	Hm ³
401,05	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
403,00	9,00	0,088	0,05	0,56	9,00	87.750,00	87.750,00	0,00	0,00	0,000
405,00	18,00	0,358	0,11	1,05	18,00	270.000,00	357.750,00	0,00	0,00	0,000
407,00	27,00	0,808	0,16	1,43	27,00	450.000,00	807.750,00	0,00	0,00	0,000
407,50	29,20	0,948	0,18	1,51	29,20	140.500,00	948.250,00	0,00	0,00	0,000
408,00	32,00	1,101	0,19	1,57	32,00	153.000,00	1.101.250,00	0,00	0,00	0,000
408,50	35,00	1,269	0,20	1,63	35,00	167.500,00	1.268.750,00	0,00	0,00	0,000
409,00	38,00	1,451	0,22	1,68	38,00	182.500,00	1.451.250,00	0,00	0,00	0,000
409,50	41,00	1,649	0,23	1,73	41,00	197.500,00	1.648.750,00	0,00	0,00	0,000
410,00	44,00	1,861	0,24	1,77	44,00	212.500,00	1.861.250,00	0,00	0,00	0,000
410,50	48,00	2,091	0,26	1,80	48,00	230.000,00	2.091.250,00	0,00	0,00	0,000
411,00	50,00	2,336	0,27	1,83	50,00	245.000,00	2.336.250,00	0,00	0,00	0,000
411,50	53,11	2,594	0,29	1,85	53,11	257.777,78	2.594.027,78	0,00	0,00	0,000
412,00	56,08	2,867	0,30	1,86	56,08	272.988,89	2.867.016,67	0,00	0,00	0,000

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

412,50	59,06	3,155	0,31	1,87	59,06	287.855,56	3.154.872,22	0,00	0,00	0,000
413,00	62,03	3,458	0,33	1,87	62,03	302.722,22	3.457.594,44	0,00	0,00	0,000
413,50	65,00	3,775	0,34	1,86	65,00	317.577,78	3.775.172,22	0,00	0,00	0,000
414,00	69,00	4,110	0,35	1,86	69,00	335.000,00	4.110.172,22	0,00	0,00	0,000
415,00	76,00	4,835	0,38	1,82	76,00	725.000,00	4.835.172,22	0,00	0,00	0,000
417,00	95,00	6,545	0,44	1,71	95,00	1.710.000,00	6.545.172,22	0,00	0,00	0,000
419,00	112,50	8,620	0,49	1,54	112,50	2.075.000,00	8.620.172,22	0,00	0,00	0,000
420,20	124,30	10,078	0,52	1,42	124,30	1.420.800,00	10.040.972,22	0,00	37.027,78	0,037
421,00	132,50	11,070	0,54	1,33	116,76	964.228,11	11.005.200,34	15,74	64.971,89	0,065
423,00	154,00	13,935	0,60	1,11	96,72	2.134.746,95	13.139.947,28	57,28	795.224,94	0,795
425,00	174,00	17,215	0,65	0,87	76,05	1.727.647,54	14.867.594,82	97,95	2.347.577,40	2,348
427,00	195,00	20,905	0,71	0,64	56,01	1.320.527,26	16.188.122,08	138,99	4.717.050,14	4,717
429,00	217,00	25,025	0,76	0,43	37,76	937.639,21	17.125.761,29	179,24	7.899.410,94	7,899
431,00	238,00	29,575	0,82	0,26	22,34	600.994,84	17.726.756,12	215,66	11.848.416,10	11,848
433,00	262,50	34,580	0,87	0,12	10,61	329.542,70	18.056.298,82	251,89	16.523.873,40	16,524
435,00	285,00	40,055	0,93	0,04	3,17	137.837,92	18.194.136,75	281,83	21.861.035,47	21,861
437,70	319,00	49,000	1,00	0,00	0,00	42.804,77	18.236.941,52	319,00	30.763.058,48	30,763

Anexo 8. Datos para la generación de aportes del río Orituco.

Año	Mes	Cota inicial	Cota final	Precipitación	Salida total	Torre Toma	Aliviadero	Filtración	Evaporación
		m.s.n.m.	m.s.n.m.	mm	x 10 ⁶ m3	mm			
1981	Enero	437,48	436,58	14,5	3,72	3,54	0	0,18	198,7
	Febrero	436,58	435,61	26	2,619	2,4	0,73	0,219	180,9
	Marzo	435,61	434,01	5,2	4,76	4,56	0	0,2	239,9
	Abril	434,01	434,89	173,5	3,57	3,38	0	0,19	145,3
	Mayo	434,89	436,11	88,2	2,67	2,46	0	0,21	111,8
	Junio	436,11	437,44	125,9	3,03	2,8	0,41	0,23	97,4
	Julio	437,44	437,66	192,7	2,7	2,46	8,1	0,24	94,6
	Agosto	437,66	438,17	288,2	3,19	2,94	17,84	0,25	128,4
	Septiembre	438,17	437,58	230,65	4,23	3,99	14,96	0,24	131,6
	Octubre	437,58	437,76	90,6	1,94	1,69	8,19	0,25	129,4
	Noviembre	437,76	437,9	5	1,98	1,73	1,88	0,25	160,9
	Diciembre	437,9	437,27	49	3,86	3,61	0	0,25	148,8
1982	Enero	437,27	436,49	19,3	3,91	3,68	0	0,23	161,1
	Febrero	436,49	435,64	3,7	3,67	3,45	0	0,22	182
	Marzo	435,64	434,42	0	5,28	5,08	0	0,2	137,1
	Abril	434,42	433,81	114,3	3,57	3,38	0	0,19	171,2
	Mayo	433,81	436,67	362,4	2,85	2,63	4,64	0,22	107,2
	Junio	436,67	437,11	194,8	2,77	2,53	12,94	0,24	94,1
	Julio	437,11	436,8	118,4	2,8	2,57	5,5	0,23	115,7

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

	Agosto	436,8	436,79	113,7	1,19	0,96	3,57	0,23	119,1
	Septiembre	436,79	437,48	139,5	1,17	0,94	1,21	0,23	114,8
	Octubre	437,48	437,83	67,8	1,62	1,37	0,51	0,25	117,7
	Noviembre	437,83	437,36	18,2	2,35	2,11	0	0,24	133,7
	Diciembre	437,36	436,2	0	3,25	3,02	0	0,23	148
1983	Enero	436,2	434,98	34	3,66	3,45	0	0,21	165,5
	Febrero	434,98	433,27	0	3,76	3,57	0	0,19	183,5
	Marzo	433,27	431	0	3,85	3,69	0	0,16	255,9
	Abril	431	429,81	34	2,42	2,28	0	0,14	181,5
	Mayo	429,81	429,93	122,2	1,5	1,36	0	0,14	115,6
	Junio	429,93	430,51	115,4	1,52	1,38	0	0,14	115,7
	Julio	430,51	432,07	86,8	0,96	0,81	0	0,15	137,9
	Agosto	432,07	434,7	195,7	1	0,81	0	0,19	137,6
	Septiembre	434,7	435,48	88,9	1	0,79	0	0,21	146
	Octubre	435,48	435,79	91,5	1,2	0,99	0	0,21	131,3
	Noviembre	435,79	435,11	21,9	2,56	2,35	0	0,21	151,7
	Diciembre	435,11	434,02	9,7	3,15	2,95	0	0,2	161,4
1984	Enero	434,02	433,07	14,5	3,72	3,54	0	0,18	198,7
	Febrero	433,07	431,78	0	3,23	3,06	0	0,17	208,4
	Marzo	431,78	430,04	0	3,33	3,18	0	0,15	273,7
	Abril	430,04	428,9	60,4	2,3	2,17	0	0,13	231,4
	Mayo	428,9	427,96	21,8	1,73	1,61	0	0,12	235,9
	Junio	427,96	427,91	92,5	0,7	0,58	0	0,12	160,1
	Julio	427,91	428,41	148,3	0,73	0,61	0	0,12	131,4
	Agosto	428,41	429,88	215,5	0,75	0,62	0	0,13	131
	Septiembre	429,88	432,65	165,5	0,74	0,6	0	0,14	117,1
	Octubre	432,65	435,72	134,7	0,81	0,6	0	0,21	147,4
	Noviembre	435,72	437,8	141,9	0,95	0,72	0	0,23	113,2
	Diciembre	437,8	437,94	32,6	1,99	1,74	3,68	0,25	156,7
1985	Enero	437,94	437,56	0	3,16	2,91	1,69	0,25	179,3
	Febrero	437,56	436,9	0,5	3,35	3,11	0	0,24	211,3
	Marzo	436,9	435,97	0	3,8	3,57	0	0,23	199,8
	Abril	435,97	435,31	114,2	3,36	3,15	0	0,21	155,2
	Mayo	435,31	435,63	76,8	1,8	1,59	0	0,21	122,1
	Junio	435,63	436,77	218,4	1,31	1,09	0	0,22	102,9
	Julio	436,77	437,68	179,2	1,23	0,99	4,31	0,24	102,9
	Agosto	437,68	437,7	168,6	1,24	0,99	6,36	0,25	107
	Septiembre	437,7	437,91	190,8	1,21	0,96	5,71	0,25	138,3
	Octubre	437,91	438,05	159,2	1,46	1,21	5,83	0,25	134,6
	Noviembre	438,05	438,02	60,6	2,02	1,77	5,08	0,25	108,2
	Diciembre	438,02	437,78	69,3	3,08	2,83	13,61	0,25	141,4
1986	Enero	437,78	437,34	3,8	3,103	2,863	3,23	0,24	144,3
	Febrero	437,34	436,36	0	3,22	2,99	1,23	0,23	164,2
	Marzo	436,36	435,04	0	3,6	3,39	0	0,21	215,4

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

	Abril	435,04	433,59	20,4	3,39	3,2	0	0,19	207,8
	Mayo	433,59	434,66	197,7	1,61	1,42	0	0,19	138,3
	Junio	434,66	436,94	191,6	1,05	0,84	0	0,21	111,1
	Julio	436,94	437,7	136,1	1,09	0,85	2,63	0,24	111,9
	Agosto	437,7	437,61	126	1,1	0,85	5,2	0,25	95,6
	Septiembre	437,61	437,73	120,9	1,16	0,91	2,35	0,25	104,5
	Octubre	437,71	437,75	239,5	1,39	1,14	12,16	0,25	114,1
	Noviembre	437,75	437,84	64,4	1,84	1,59	6,67	0,25	115,1
	Diciembre	437,89	437,51	11,9	3,06	2,82	2,13	0,24	190,2
1987	Enero	437,51	436,6	9	3,88	3,64	0	0,24	161,3
	Febrero	436,6	435,32	0	3,83	3,61	0	0,22	164,6
	Marzo	435,32	433,6	0	4,2	4	0	0,2	232
	Abril	433,6	432,04	0	3,59	3,42	0	0,17	208,6
	Mayo	432,04	431,68	159,5	1,84	1,68	0	0,16	153,2
	Junio	431,68	431,77	151	1,09	0,93	0	0,16	108,2
	Julio	431,77	433,87	214,4	0,91	0,74	0	0,17	111,7
	Agosto	433,87	435,44	148,3	1,09	0,89	0	0,2	115,4
	Septiembre	435,44	437,4	164,3	1,77	1,54	0	0,23	119,9
	Octubre	437,4	437,79	72,4	1,4	1,15	1,89	0,25	127,7
	Noviembre	437,79	437,88	101,7	1,66	1,41	2,53	0,25	129,6
	Diciembre	437,88	437,26	20,1	3,41	3,17	0,44	0,24	136
1988	Enero	437,26	435,97	3,4	3,97	3,74	0	0,23	171,8
	Febrero	435,97	434,69	0	3,81	3,6	0	0,21	184,2
	Marzo	434,69	432,95	0	3,78	3,59	0	0,19	132,3
	Abril	432,95	431,33	0	3,36	3,19	0	0,17	115,6
	Mayo	431,33	430,27	26,9	2,94	2,79	0	0,15	113,9
	Junio	430,27	433,02	410	1,59	1,44	0	0,15	145,6
	Julio	433,02	436,08	211,9	1,52	1,33	0	0,19	103,7
	Agosto	436,08	437,76	232,3	1,57	1,33	4,57	0,24	101,7
	Septiembre	437,76	437,73	218,4	1,5	1,25	15,64	0,25	122,6
	Octubre	437,73	437,87	231,9	1,76	1,51	15,79	0,25	121,2
	Noviembre	437,87	437,74	89,6	2,56	2,31	5,33	0,25	96
	Diciembre	437,74	438,2	32,4	3,4	3,15	4,5	0,25	108,2
1989	Enero	438,2	437,58	30,2	3,49	3,24	7,88	0,25	99,7
	Febrero	437,58	437,25	16,3	5,21	4,97	0,12	0,24	137,7
	Marzo	437,25	436,14	0	5,5	5,27	0	0,23	225,9
	Abril	436,14	434,93	0	5,23	5,02	0	0,21	201,7
	Mayo	434,93	434,4	72,2	3,82	3,62	0	0,2	153,9
	Junio	434,4	433,46	112,8	3,46	3,27	0	0,19	108,5
	Julio	433,46	433,79	195	3,25	3,07	0	0,18	111,5
	Agosto	433,79	435,52	180	2,74	2,54	0	0,2	120
	Septiembre	435,52	437,16	164,8	2,69	2,46	0	0,23	122,9
	Octubre	437,16	437,49	99,8	3,11	2,87	0	0,24	143,8
	Noviembre	437,49	437,61	28,8	4,15	3,91	0,12	0,24	122,7

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

1990	Diciembre	437,61	436,44	13	5,6	5,36	0,27	0,24	119,5
	Enero	436,44	435,4	9,1	5,55	5,33	0,63	0,22	127,8
	Febrero	435,4	434,94	0	4,81	4,6	0	0,21	164,5
	Marzo	434,94	434,04	0	5,23	5,03	0	0,2	178,7
	Abril	434,04	432,67	9,8	4,11	3,93	0	0,18	149,5
	Mayo	432,67	432,46	23,9	3,44	3,27	0	0,17	143,8
	Junio	432,46	432,57	167	2,75	2,58	0	0,17	131,2
	Julio				0				
	Agosto	434,74	437,64	193,9	2,81	2,58	0,47	0,23	100,3
	Septiembre	437,64	437,8	178,9	2,75	2,5	4,73	0,25	122,8
	Octubre	437,8	437,39	186,7	2,82	2,58	15,47	0,24	128,5
	Noviembre	437,39	437,55	71,1	3,73	3,49	2,12	0,24	115,3
Diciembre	437,55	437,23	15,9	4,97	4,73	0,09	0,24	111,4	
1991	Enero	437,23	436,97	6,2	5,23	4,99	0	0,24	149,4
	Febrero	436,97	436,02	2,8	4,74	4,51	0	0,23	133,8
	Marzo	436,02	435,1	32,9	4,32	4,11	0	0,21	179,3
	Abril	435,1	433,95	38,61	4,11	3,91	0	0,2	222,4
	Mayo	433,95	432,44	0	3,52	3,34	0	0,18	182,4
	Junio	432,44	431,74	72,5	2,47	2,31	0	0,16	133,6
	Julio	431,74	431,76	107,2	2,32	2,16	0	0,16	123,1
	Agosto	431,76	434,02	257,6	2,33	2,16	0	0,17	113,6
	Septiembre	434,02	437,73	223,9	2,19	1,97	0,62	0,22	99,9
	Octubre	437,73	437,6	36,6	1,56	1,32	7,67	0,24	110,8
	Noviembre	437,6	437,49	37,8	2,95	2,71	0,82	0,24	127,8
	Diciembre	437,49	436,12	4,2	3,1	2,87	3,15	0,23	142,2
1992	Enero	436,12	434,64	0	3,89	3,68	1,12	0,21	136,4
	Febrero	434,64	433	0	4,66	4,47	0	0,19	141,7
	Marzo	433	430,87	0	4,55	4,39	0	0,16	185,7
	Abril	430,87	428,51	0	4,19	4,05	0	0,14	144,8
	Mayo	428,51	428,22	88,5	3,22	3,1	0	0,12	137,6
	Junio	428,22	429,78	232,7	2,76	2,63	0	0,13	119,6
	Julio	429,78	434,66	260,9	2,62	2,46	0	0,16	121,2
	Agosto	434,66	437,68	155,8	1,48	1,25	3,97	0,23	116,3
	Septiembre	437,68	437,68	127,5	1,29	1,05	9,11	0,24	122,1
	Octubre	437,68	437,1	17,6	1,52	1,28	4,79	0,24	126,4
	Noviembre	437,1	436,62	26,5	4,04	3,81	0	0,23	112,3
	Diciembre	436,62	435,42	14,6	4,92	4,7	0	0,22	103,1
1993	Enero	435,42	433,72	0	5,18	4,98	0	0,2	146,4
	Febrero	433,72	431,78	0	5,11	4,94	0	0,17	155,5
	Marzo	431,78	429,55	11,8	5,19	5,04	0	0,15	179,9
	Abril	429,55	427,47	40,7	4,17	4,05	0	0,12	163,5
	Mayo	427,47	430	286,1	3,23	3,11	0	0,12	120,4
	Junio	430	433,82	145	2,82	2,66	0	0,16	108,1
	Julio	433,82	434,8	99	2,63	2,44	0	0,19	143,9

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

	Agosto	434,8	436,84	262,2	1,45	1,21	19,5	0,24	110
	Septiembre	436,84	438,21	167,7	1,12	0,87	20,97	0,25	129,2
	Octubre	438,21	437,22	42,8	2,38	2,14	6,36	0,24	150,9
	Noviembre	437,22	436,85	6,4	4,01	3,77	0	0,24	110,7
	Diciembre	436,85	435,59	5,3	4,29	4,07	0	0,22	118,2
1994	Enero	435,59	433,72	0	4,59	4,47	0	0,12	163,8
	Febrero	433,72	431,74	0	4,26	4,09	0	0,17	166,3
	Marzo	431,74	429,5	0	4,65	4,5	0	0,15	214,2
	Abril	429,5	427,27	0	3,35	3,23	0	0,12	205
	Mayo	427,27	426,11	56,4	2,88	2,77	0	0,11	213,5
	Junio	426,11	425,85	165	1,65	1,55	0	0,1	173,6
	Julio	425,85	426,15	179,4	1,43	1,33	0	0,1	135,7
	Agosto	426,15	428,46	184,8	1,48	1,37	0	0,11	126,6
	Septiembre	428,46	429,82	211	1,65	1,52	0	0,13	104,4
	Octubre	429,82	430,4	145,8	1,71	1,57	0	0,14	135,6
	Noviembre	430,4	430,17	38,9	1,57	1,43	0	0,14	126,9
	Diciembre	430,17	429,22	32,8	2,12	1,98	0	0,14	125,9
1995	Enero	429,22	427,54	0	2,46	2,34	0	0,12	170,2
	Febrero	427,54	425,59	0	2,27	2,17	0	0,1	211,2
	Marzo	425,59	424,61	108,8	1,9	1,81	0	0,09	217,7
	Abril	424,61	424,13	12,6	1,4	1,32	0	0,08	205,8
	Mayo	424,13	423,79	46,8	1,35	1,27	0	0,08	187,6
	Junio	423,79	427,38	299,4	1,32	1,23	0	0,09	94,6
	Julio	427,38	429,19	147,8	1,27	1,15	0	0,12	126,4
	Agosto	429,19	434,64	189,1	1,28	1,12	0	0,16	119,8
	Septiembre	434,64	436,1	94,3	1,3	1,09	0	0,21	137,8
	Octubre	436,1	436,52	153,1	1,56	1,34	0	0,22	134,2
	Noviembre	436,52	436,4	56,3	2,33	2,1	0	0,23	0
	Diciembre	436,4	435,1	0	3,81	3,6	0	0,21	0
1996	Enero	435,1	433,28	0	4,32	4,13	0	0,19	0
	Febrero	433,28	431,3	0	4,16	3,99	0	0,17	0
	Marzo	431,3	428,76	0	4,61	4,47	0	0,14	0
	Abril	428,76	427,14	0	2,97	2,85	0	0,12	0
	Mayo	427,14	426,68	0	1,9	1,79	0	0,11	178,7
	Junio	426,68	426,8	28,59	1,48	1,37	0	0,11	139,8
	Julio				0				
	Agosto				0				
	Septiembre	437,33	437,82	109,5	1,61	1,37	4,24	0,24	139,9
	Octubre	437,82	438	114,4	1,67	1,42	4,89	0,25	144,8
	Noviembre	438	437,7	81,3	2,17	1,92	8,31	0,25	144,7
	Diciembre	437,7	437,72	96,3	3,46	3,21	3,67	0,25	161,7
1997	Enero	437,73	437	0	3,82	3,58	3,64	0,24	188,2
	Febrero	437	436,28	0,5	3,63	3,4	2,63	0,23	195
	Marzo	436,28	435,3	0	4,84	4,62	0	0,22	239,7

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

	Abril	435,3	433,78	12,3	4,91	4,71	0	0,2	214,6
	Mayo	433,78	432,84	36	4,2	4,02	0	0,18	178,7
	Junio	432,84	432,2	0	2,58	2,41	0	0,17	0
	Julio	432,2	434,2	183,6	2,67	2,49	0	0,18	138,1
	Agosto	434,2	435,89	118,1	2,7	2,49	0	0,21	134,7
	Septiembre	435,89	436,08	71,5	2,629	2,41	0	0,219	139,9
	Octubre	436,08	436,91	76	2,979	2,75	0	0,229	144,7
	Noviembre	436,91	437,11	64,7	3,636	3,4	0	0,236	144,7
	Diciembre	437,11	435,9	0,3	4,718	4,49	0	0,228	161,7
1998	Enero	435,9	434,29	0	5,14	4,93	0	0,21	188,6
	Febrero	434,29	432,72	0	3,72	3,54	0	0,18	195
	Marzo	432,72	430,71	0	4	3,84	0	0,16	214,6
	Abril	430,71	429,2	44,07	3,07	2,93	0	0,14	214,6
	Mayo	429,2	428,5	198,6	2,72	2,59	0	0,13	178,7
	Junio	428,5	431,13	219,2	1,8	1,66	0	0,14	139,8
	Julio	431,13	433,56	122,6	1,86	1,69	0	0,17	138,1
	Agosto	433,56	434,48	166,81	1,88	1,69	0	0,19	138,23
	Septiembre	434,48	436,5	140,07	1,84	1,63	0	0,21	141,26
	Octubre	436,5	437,74	119,58	7,5	7,26	0	0,24	145,88
	Noviembre	437,74	437,75	67,92	3,816	3,57	0	0,246	144,63
	Diciembre	437,75	436,73	14,33	4,019	3,78	0	0,239	162,37
1999	Enero	436,73	435,72	0	4,65	4,43	0	0,22	188,2
	Febrero	435,72	434,73	0	4,28	4,1	0	0,18	195
	Marzo	434,73	433,17	0	4,7	4,51	0	0,19	239,7
	Abril	433,17	433,76	44	3,25	3,06	0	0,19	214,6
	Mayo	433,76	432,66	111,8	3,12	2,94	0	0,18	180,1
	Junio	432,66	431,94	170,9	2,19	2,02	0	0,17	141,1
	Julio	431,94	432,4	165,2	2,26	2,09	0	0,17	138,1
	Agosto	432,4	437,27	181	5,2	5	3,08	0,2	134,4
	Septiembre	437,27	437,7	145,6	9,37	9,13	8,14	0,24	138,5
	Octubre	437,7	437,62	119,8	13,86	13,61	12,59	0,25	144,4
	Noviembre	437,62	437,98	55,4	7,06	6,81	5,48	0,25	144
	Diciembre	437,98	437,69	19,5	24,96	24,71	22,61	0,25	160,2
2000	Enero	437,69	437,44	5,9	11,18	10,94	7,79	0,24	188,2
	Febrero	437,44	437,03	3,1	4,56	4,32	1,22	0,24	195
	Marzo	437,03	435,99	6,9	4,74	4,51	0	0,23	238,8
	Abril	435,99	434,52	35,7	4,39	4,18	0	0,21	214,3
	Mayo	434,52	433,12	11,8	3,76	3,57	0	0,19	180,1
	Junio	433,12	433,24	170,9	2,2	2,02	0	0,18	141,1
	Julio	433,24	433,43	165,2	2	1,82	0	0,18	138,1
	Agosto	433,43	433,6	181	2	1,82	0	0,18	134,4
	Septiembre	433,6	433,65	145,6	1,82	1,63	0	0,19	138,5
	Octubre	433,65	434,65	119,8	1,88	1,69	0	0,19	144,4
	Noviembre	434,65	435,63	55,4	2,15	1,94	0	0,21	144

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

2001	Diciembre	435,63	434,72	19,5	3,15	2,94	0	0,21	160,2
	Enero	434,72	433,31	5,9	3,48	3,29	0	0,19	188,2
	Febrero	433,31	431,48	3,1	3,44	3,27	0	0,17	195
	Marzo	431,48	429,29	6,9	3,85	3,71	0	0,14	238,8
	Abril	429,29	427,3	35,7	3,17	3,05	0	0,12	214,3
	Mayo	427,3	426,4	111,8	2,65	2,54	0	0,11	180,1
	Junio	426,4	427,02	170,9	1,61	1,51	0	0,1	141,1
	Julio	427,02	427,09	165,2	1,59	1,48	0	0,11	138,1
	Agosto	427,09	430,9	181,1	3,64	3,51	0	0,13	134,4
	Septiembre	430,9	432,41	145,6	2,82	2,66	0	0,16	138,5
	Octubre	432,41	433,4	119,8	1,67	1,5	0	0,17	144,4
	Noviembre	433,4	433,55	55,4	1,75	1,57	0	0,18	144
Diciembre	433,55	433,44	19,5	2,6	2,42	0	0,18	160,2	
2002	Enero	432,44	432,59	5,9	2,91	2,73	0	0,18	188,2
	Febrero	432,59	431,59	3,1	2,78	2,62	0	0,16	195
	Marzo	431,45	430,11	6,9	2,96	2,81	0	0,15	238,8
	Abril	430,11	428,95	35,7	2,31	2,18	0	0,13	214,3
	Mayo	428,95	428,69	111,8	1,57	1,44	0	0,13	180,1
	Junio	428,69	428,72	170,9	1,45	1,32	0	0,13	141,1
	Julio	428,72	429,07	165,2	1,5	1,37	0	0,13	138,1
	Agosto	429,07	430,37	181,1	1,51	1,37	0	0,14	134,4
	Septiembre	430,37	431,58	145,6	1,47	1,32	0	0,15	138,5
	Octubre	431,58	431,54	119,8	1,53	1,37	0	0,16	144,4
	Noviembre	431,54	431,12	55,4	1,85	1,69	0	0,16	144
	Diciembre	431,12	430,04	19,5	2,73	2,58	0	0,15	160,2
2003	Enero	430,04	428,55	0	3,18	3,05	0	0,13	215,5
	Febrero	428,55	427,01	0	3,16	3,04	0	0,12	228,31
	Marzo	427,01	425,27	0	3,07	2,97	0	0,1	266,84
	Abril	425,27	424,1	0	1,75	1,66	0	0,09	239,86
	Mayo	424,1	423,36	111,8	1,35	1,27	0	0,08	180,1
	Junio	423,36	422,96	170,9	1,25	1,18	0	0,07	141,1
	Julio	422,96	426,04	165,2	1,3	1,22	0	0,08	138,1
	Agosto	426,04	427,94	181	1,32	1,21	0	0,11	134,4
	Septiembre	427,94	430,75	145,6	1,31	1,18	0	0,13	138,5
	Octubre	430,75	433,38	119,8	1,39	1,22	0	0,17	144,4
	Noviembre	433,38	434,43	55,4	1,37	1,18	0	0,19	144
	Diciembre	434,43	434,07	19,5	2,33	2,13	0	0,2	160,2
2004	Enero	434,07	433,37	5,9	2,75	2,56	0	0,19	188,2
	Febrero	433,37	432,38	3,1	2,82	2,64	0	0,18	195
	Marzo	432,38	430,85	6,9	2,93	2,77	0	0,16	238,8
	Abril	430,85	429,12	35,7	3,24	3,1	0	0,14	214,3
	Mayo	429,12	428,66	111,8	2,36	2,24	0	0,12	180,1
	Junio	428,66	429,17	170,9	1,37	1,24	0	0,13	141,1
	Julio	429,17	430,4	165,2	1,43	1,29	0	0,14	138,1

2005	Agosto	430,4	433,8	181	1,59	1,42	0	0,17	134,4
	Septiembre	433,8	436,64	145,6	1,58	1,37	0	0,21	138,5
	Octubre	436,64	437,55	119,8	2,21	1,97	0,09	0,24	144,4
	Noviembre	437,55	437,59	55,4	3,22	2,98	0,49	0,24	144
	Diciembre	437,59	437,53	19,5	3,25	3	1,01	0,25	160,2
	Enero	437,53	437,37	5,9	3,9	3,66	0	0,24	188,2
	Febrero	437,37	437,41	3,1	3,82	3,58	0	0,24	195
	Marzo	437,41	435,56	6,9	4,33	4,1	0,84	0,23	238,8
	Abril	435,56	433,86	35,7	4,06	3,86	0	0,2	214,3
	Mayo	433,86	433,12	111,8	4	3,82	0	0,18	180,1
	Junio	433,12	435,71	170,9	2,97	2,78	0	0,19	141,1
	Julio	435,71	437,04	165,2	3,1	2,87	3,45	0,23	138,1
2006	Agosto	437,04	437,06	181	3,11	2,87	25,35	0,24	134,4
	Septiembre	437,06	437,31	145,6	3,01	2,78	3,63	0,23	138,5
	Octubre	437,31	437,52	119,8	3,11	2,87	0,61	0,24	144,4
	Noviembre	437,52	437,56	55,4	4,86	4,62	5,94	0,24	144
	Diciembre	437,56	437,36	19,5	5,02	4,78	3,05	0,24	160,2
	Enero	437,36	436,98	6,9	5,13	4,89	0	0,24	188,2
	Febrero	436,98	436,23	3,1	4,83	4,6	0	0,23	195
	Marzo	436,23	434,72	6,9	5,42	5,21	0	0,21	238,8
	Abril	434,72	432,7	35,7	5,18	4,99	0	0,19	214,3
	Mayo	432,7	432,83	111,8	5,42	5,25	0	0,17	180,1
	Junio	432,83	432,42	170,9	2,93	2,76	0	0,17	141,1
	Julio	432,42	432,9	165,2	1,64	1,47	0	0,17	138,1
Agosto	432,9	437,14	181	2,85	2,65	0,1	0,2	134,4	
Septiembre	437,14	437,047	145,6	2,8	2,56	13,11	0,24	138,5	
Octubre	437,07	437,09	119,8	2,86	2,62	2,51	0,24	144,4	
Noviembre	437,09	437,4	55,4	2,41	2,17	0	0,24	144	
Diciembre	437,4	436,04	19,5	4,79	4,56	0	0,23	160,2	

Anexo 9. Tabla de cálculos para hallar los aportes del río.

		Altura inicial	Altura final	Volumen inicial	Volumen final	Variación de volumen	Volumen extracción	Aportes brutos	Espejo de agua	Precipitación	Evaporación	Volumen aliviado	Aportes netos
Año	Mes	H1 (m)	H2 (m)	V1 (Hm3)	V2 (Hm3)	ΔV (Hm3)	Vext (Hm3)	Ap brutos (Hm3)	a (Ha)	LL (m)	Evap (m)	Valiv (Hm3)	Ap neto (Hm3)
1981	Enero	437,48	436,58	37,93	34,87	-3,06	3,72	0,659	305,26	0,015	0,199	0	0,659
	Febrero	436,58	435,61	34,87	31,91	-2,96	2,619	-0,337	305,26	0,026	0,181	0,73	0,393
	Marzo	435,61	434,01	31,91	27,65	-4,27	4,76	0,492	284,04	0,005	0,240	0	0,492
	Abril	434,01	434,89	27,65	29,91	2,27	3,57	5,835	251,11	0,174	0,145	0	5,835
	Mayo	434,89	436,11	29,91	33,40	3,49	2,67	6,157	263,34	0,088	0,112	0	6,157

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

	Junio	436,11	437,44	33,40	37,79	4,39	3,03	7,420	286,42	0,126	0,097	0,41	7,830
	Julio	437,44	437,66	37,79	38,58	0,80	2,7	3,498	305,26	0,193	0,095	8,1	11,598
	Agosto	437,66	438,17	38,58	40,53	1,94	3,19	5,131	305,26	0,288	0,128	17,84	22,971
	Septiembre	438,17	437,58	40,53	38,29	-2,23	4,23	1,996	305,26	0,231	0,132	14,96	16,956
	Octubre	437,58	437,76	38,29	38,96	0,66	1,94	2,603	305,26	0,091	0,129	8,19	10,793
	Noviembre	437,76	437,9	38,96	39,48	0,53	1,98	2,507	305,26	0,005	0,161	1,88	4,387
	Diciembre	437,9	437,27	39,48	37,19	-2,30	3,86	1,563	305,26	0,049	0,149	0	1,563
1982	Enero	437,27	436,49	37,19	34,58	-2,60	3,91	1,306	305,26	0,019	0,161	0	1,306
	Febrero	436,49	435,64	34,58	32,00	-2,58	3,67	1,089	286,42	0,004	0,182	0	1,089
	Marzo	435,64	434,42	32,00	28,68	-3,32	5,28	1,957	284,04	0,000	0,137	0	1,957
	Abril	434,42	433,81	28,68	27,16	-1,52	3,57	2,048	251,11	0,114	0,171	0	2,048
	Mayo	433,81	436,67	27,16	35,16	8,01	2,85	10,855	237,50	0,362	0,107	4,64	15,495
	Junio	436,67	437,11	35,16	36,63	1,47	2,77	4,240	305,26	0,195	0,094	12,94	17,180
	Julio	437,11	436,8	36,63	35,59	-1,04	2,8	1,756	305,26	0,118	0,116	5,5	7,256
	Agosto	436,8	436,79	35,59	35,55	-0,03	1,19	1,157	305,26	0,114	0,119	3,57	4,727
	Septiembre	436,79	437,48	35,55	37,93	2,38	1,17	3,546	305,26	0,140	0,115	1,21	4,756
	Octubre	437,48	437,83	37,93	39,22	1,29	1,62	2,907	305,26	0,068	0,118	0,51	3,417
	Noviembre	437,83	437,36	39,22	37,50	-1,72	2,35	0,635	305,26	0,018	0,134	0	0,635
	Diciembre	437,36	436,2	37,50	33,67	-3,83	3,25	-0,579	305,26	0,000	0,148	0	-0,579
1983	Enero	436,2	434,98	33,67	30,15	-3,52	3,66	0,140	286,42	0,034	0,166	0	0,140
	Febrero	434,98	433,27	30,15	25,87	-4,28	3,76	-0,520	263,34	0,000	0,184	0	-0,520
	Marzo	433,27	431	25,87	21,02	-4,85	3,85	-1,000	227,29	0,000	0,256	0	-1,000
	Abril	431	429,81	21,02	18,76	-2,26	2,42	0,155	197,13	0,034	0,182	0	0,155
	Mayo	429,81	429,93	18,76	18,98	0,22	1,5	1,721	179,94	0,122	0,116	0	1,721
	Junio	429,93	430,51	18,98	20,07	1,09	1,52	2,611	179,94	0,115	0,116	0	2,611
	Julio	430,51	432,07	20,07	23,21	3,14	0,96	4,102	190,68	0,087	0,138	0	4,102
	Agosto	432,07	434,7	23,21	29,41	6,19	1	7,194	211,21	0,196	0,138	0	7,194
	Septiembre	434,7	435,48	29,41	31,54	2,14	1	3,135	263,34	0,089	0,146	0	3,135
	Octubre	435,48	435,79	31,54	32,44	0,90	1,2	2,098	273,64	0,092	0,131	0	2,098
	Noviembre	435,79	435,11	32,44	30,51	-1,93	2,56	0,629	284,04	0,022	0,152	0	0,629
	Diciembre	435,11	434,02	30,51	27,67	-2,84	3,15	0,313	273,64	0,010	0,161	0	0,313
1984	Enero	434,02	433,07	27,67	25,41	-2,26	3,72	1,462	251,11	0,015	0,199	0	1,462
	Febrero	433,07	431,78	25,41	22,60	-2,81	3,23	0,420	227,29	0,000	0,208	0	0,420
	Marzo	431,78	430,04	22,60	19,18	-3,42	3,33	-0,090	204,02	0,000	0,274	0	-0,090
	Abril	430,04	428,9	19,18	17,13	-2,05	2,3	0,248	185,09	0,060	0,231	0	0,248
	Mayo	428,9	427,96	17,13	15,54	-1,59	1,73	0,137	169,82	0,022	0,236	0	0,137
	Junio	427,96	427,91	15,54	15,46	-0,08	0,7	0,618	159,35	0,093	0,160	0	0,618
	Julio	427,91	428,41	15,46	16,29	0,83	0,73	1,564	159,35	0,148	0,131	0	1,564
	Agosto	428,41	429,88	16,29	18,89	2,60	0,75	3,346	164,37	0,216	0,131	0	3,346
	Septiembre	429,88	432,65	18,89	24,47	5,58	0,74	6,321	179,94	0,166	0,117	0	6,321
	Octubre	432,65	435,72	24,47	32,23	7,77	0,81	8,575	218,89	0,135	0,147	0	8,575
	Noviembre	435,72	437,8	32,23	39,10	6,87	0,95	7,822	284,04	0,142	0,113	0	7,822
	Diciembre	437,8	437,94	39,10	39,63	0,53	1,99	2,520	305,26	0,033	0,157	3,68	6,200
1985	Enero	437,94	437,56	39,63	38,22	-1,42	3,16	1,745	305,26	0,000	0,179	1,69	3,435

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

1986	Febrero	437,56	436,9	38,22	35,92	-2,30	3,35	1,050	305,26	0,001	0,211	0	1,050
	Marzo	436,9	435,97	35,92	32,97	-2,95	3,8	0,854	305,26	0,000	0,200	0	0,854
	Abril	435,97	435,31	32,97	31,06	-1,91	3,36	1,448	284,04	0,114	0,155	0	1,448
	Mayo	435,31	435,63	31,06	31,97	0,91	1,8	2,710	273,64	0,077	0,122	0	2,710
	Junio	435,63	436,77	31,97	35,49	3,52	1,31	4,826	284,04	0,218	0,103	0	4,826
	Julio	436,77	437,68	35,49	38,66	3,17	1,23	4,401	305,26	0,179	0,103	4,31	8,711
	Agosto	437,68	437,7	38,66	38,73	0,07	1,24	1,314	305,26	0,169	0,107	6,36	7,674
	Septiembre	437,7	437,91	38,73	39,52	0,79	1,21	1,998	305,26	0,191	0,138	5,71	7,708
	Octubre	437,91	438,05	39,52	40,06	0,54	1,46	1,997	305,26	0,159	0,135	5,83	7,827
	Noviembre	438,05	438,02	40,06	39,94	-0,12	2,02	1,904	305,26	0,061	0,108	5,08	6,984
	Diciembre	438,02	437,78	39,94	39,03	-0,91	3,08	2,169	305,26	0,069	0,141	13,61	15,779
	Enero	437,78	437,34	39,03	37,43	-1,60	3,103	1,504	305,26	0,004	0,144	3,23	4,734
1987	Febrero	437,34	436,36	37,43	34,17	-3,26	3,22	-0,041	305,26	0,000	0,164	1,23	1,189
	Marzo	436,36	435,04	34,17	30,32	-3,85	3,6	-0,255	286,42	0,000	0,215	0	-0,255
	Abril	435,04	433,59	30,32	26,63	-3,69	3,39	-0,300	273,64	0,020	0,208	0	-0,300
	Mayo	433,59	434,66	26,63	29,30	2,67	1,61	4,284	237,50	0,198	0,138	0	4,284
	Junio	434,66	436,94	29,30	36,05	6,75	1,05	7,803	263,34	0,192	0,111	0	7,803
	Julio	436,94	437,7	36,05	38,73	2,68	1,09	3,769	305,26	0,136	0,112	2,63	6,399
	Agosto	437,7	437,61	38,73	38,40	-0,33	1,1	0,769	305,26	0,126	0,096	5,2	5,969
	Septiembre	437,61	437,73	38,40	38,84	0,44	1,16	1,602	305,26	0,121	0,105	2,35	3,952
	Octubre	437,71	437,75	38,77	38,92	0,15	1,39	1,539	305,26	0,240	0,114	12,16	13,699
	Noviembre	437,75	437,84	38,92	39,25	0,34	1,84	2,177	305,26	0,064	0,115	6,67	8,847
	Diciembre	437,89	437,51	39,44	38,04	-1,41	3,06	1,654	305,26	0,012	0,190	2,13	3,784
	Enero	437,51	436,6	38,04	34,93	-3,10	3,88	0,776	305,26	0,009	0,161	0	0,776
1988	Febrero	436,6	435,32	34,93	31,09	-3,84	3,83	-0,015	305,26	0,000	0,165	0	-0,015
	Marzo	435,32	433,6	31,09	26,65	-4,44	4,2	-0,239	273,64	0,000	0,232	0	-0,239
	Abril	433,6	432,04	26,65	23,15	-3,50	3,59	0,088	237,50	0,000	0,209	0	0,088
	Mayo	432,04	431,68	23,15	22,40	-0,75	1,84	1,087	211,21	0,160	0,153	0	1,087
	Junio	431,68	431,77	22,40	22,58	0,19	1,09	1,276	204,02	0,151	0,108	0	1,276
	Julio	431,77	433,87	22,58	27,30	4,72	0,91	5,630	204,02	0,214	0,112	0	5,630
	Agosto	433,87	435,44	27,30	31,43	4,13	1,09	5,216	237,50	0,148	0,115	0	5,216
	Septiembre	435,44	437,4	31,43	37,64	6,22	1,77	7,987	273,64	0,164	0,120	0	7,987
	Octubre	437,4	437,79	37,64	39,07	1,42	1,4	2,823	305,26	0,072	0,128	1,89	4,713
	Noviembre	437,79	437,88	39,07	39,41	0,34	1,66	1,999	305,26	0,102	0,130	2,53	4,529
	Diciembre	437,88	437,26	39,41	37,15	-2,26	3,41	1,154	305,26	0,020	0,136	0,44	1,594
	Enero	437,26	435,97	37,15	32,97	-4,18	3,97	-0,207	305,26	0,003	0,172	0	-0,207
1988	Febrero	435,97	434,69	32,97	29,38	-3,59	3,81	0,216	284,04	0,000	0,184	0	0,216
	Marzo	434,69	432,95	29,38	25,14	-4,24	3,78	-0,460	263,34	0,000	0,132	0	-0,460
	Abril	432,95	431,33	25,14	21,68	-3,46	3,36	-0,098	218,89	0,000	0,116	0	-0,098
	Mayo	431,33	430,27	21,68	19,61	-2,07	2,94	0,873	197,13	0,027	0,114	0	0,873
	Junio	430,27	433,02	19,61	25,30	5,68	1,59	7,274	185,09	0,410	0,146	0	7,274
	Julio	433,02	436,08	25,30	33,31	8,01	1,52	9,528	227,29	0,212	0,104	0	9,528
	Agosto	436,08	437,76	33,31	38,96	5,65	1,57	7,220	286,42	0,232	0,102	4,57	11,790
Septiembre	437,76	437,73	38,96	38,84	-0,11	1,5	1,388	305,26	0,218	0,123	15,64	17,028	

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

1989	Octubre	437,73	437,87	38,84	39,37	0,52	1,76	2,285	305,26	0,232	0,121	15,79	18,075
	Noviembre	437,87	437,74	39,37	38,88	-0,49	2,56	2,072	305,26	0,090	0,096	5,33	7,402
	Diciembre	437,74	438,2	38,88	40,64	1,76	3,4	5,164	305,26	0,032	0,108	4,5	9,664
	Enero	438,2	437,58	40,64	38,29	-2,35	3,49	1,138	305,26	0,030	0,100	7,88	9,018
	Febrero	437,58	437,25	38,29	37,12	-1,18	5,21	4,033	305,26	0,016	0,138	0,12	4,153
	Marzo	437,25	436,14	37,12	33,49	-3,63	5,5	1,873	305,26	0,000	0,226	0	1,873
	Abril	436,14	434,93	33,49	30,02	-3,47	5,23	1,759	286,42	0,000	0,202	0	1,759
	Mayo	434,93	434,4	30,02	28,63	-1,39	3,82	2,428	263,34	0,072	0,154	0	2,428
	Junio	434,4	433,46	28,63	26,32	-2,31	3,46	1,151	251,11	0,113	0,109	0	1,151
	Julio	433,46	433,79	26,32	27,11	0,79	3,25	4,039	227,29	0,195	0,112	0	4,039
	Agosto	433,79	435,52	27,11	31,65	4,55	2,74	7,288	237,50	0,180	0,120	0	7,288
	Septiembre	435,52	437,16	31,65	36,80	5,15	2,69	7,838	284,04	0,165	0,123	0	7,838
1990	Octubre	437,16	437,49	36,80	37,97	1,16	3,11	4,273	305,26	0,100	0,144	0	4,273
	Noviembre	437,49	437,61	37,97	38,40	0,44	4,15	4,585	305,26	0,029	0,123	0,12	4,705
	Diciembre	437,61	436,44	38,40	34,42	-3,98	5,6	1,621	305,26	0,013	0,120	0,27	1,891
	Enero	436,44	435,4	34,42	31,31	-3,11	5,55	2,442	286,42	0,009	0,128	0,63	3,072
	Febrero	435,4	434,94	31,31	30,04	-1,27	4,81	3,541	273,64	0,000	0,165	0	3,541
	Marzo	434,94	434,04	30,04	27,72	-2,33	5,23	2,905	263,34	0,000	0,179	0	2,905
	Abril	434,04	432,67	27,72	24,51	-3,21	4,11	0,902	251,11	0,010	0,150	0	0,902
	Mayo	432,67	432,46	24,51	24,05	-0,46	3,44	2,978	218,89	0,024	0,144	0	2,978
	Junio	432,46	432,57	24,05	24,29	0,24	2,75	2,991	211,21	0,167	0,131	0	2,991
	Julio												
	Agosto	434,74	437,64	29,51	38,51	9,00	2,81	11,810	263,34	0,194	0,100	0,47	12,280
	Septiembre	437,64	437,8	38,51	39,10	0,59	2,75	3,343	305,26	0,179	0,123	4,73	8,073
1991	Octubre	437,8	437,39	39,10	37,61	-1,50	2,82	1,324	305,26	0,187	0,129	15,47	16,794
	Noviembre	437,39	437,55	37,61	38,18	0,57	3,73	4,305	305,26	0,071	0,115	2,12	6,425
	Diciembre	437,55	437,23	38,18	37,05	-1,14	4,97	3,833	305,26	0,016	0,111	0,09	3,923
	Enero	437,23	436,97	37,05	36,15	-0,89	5,23	4,339	305,26	0,006	0,149	0	4,339
	Febrero	436,97	436,02	36,15	33,12	-3,03	4,74	1,710	305,26	0,003	0,134	0	1,710
	Marzo	436,02	435,1	33,12	30,48	-2,64	4,32	1,676	286,42	0,033	0,179	0	1,676
	Abril	435,1	433,95	30,48	27,50	-2,98	4,11	1,128	273,64	0,039	0,222	0	1,128
	Mayo	433,95	432,44	27,50	24,01	-3,49	3,52	0,029	237,50	0,000	0,182	0	0,029
	Junio	432,44	431,74	24,01	22,52	-1,49	2,47	0,983	211,21	0,073	0,134	0	0,983
	Julio	431,74	431,76	22,52	22,56	0,04	2,32	2,361	204,02	0,107	0,123	0	2,361
	Agosto	431,76	434,02	22,56	27,67	5,11	2,33	7,439	204,02	0,258	0,114	0	7,439
	Septiembre	434,02	437,73	27,67	38,84	11,17	2,19	13,364	251,11	0,224	0,100	0,62	13,984
1992	Octubre	437,73	437,6	38,84	38,36	-0,48	1,56	1,081	305,26	0,037	0,111	7,67	8,751
	Noviembre	437,6	437,49	38,36	37,97	-0,40	2,95	2,551	305,26	0,038	0,128	0,82	3,371
	Diciembre	437,49	436,12	37,97	33,43	-4,54	3,1	-1,439	305,26	0,004	0,142	3,15	1,711
	Enero	436,12	434,64	33,43	29,25	-4,18	3,89	-0,290	286,42	0,000	0,136	1,12	0,830
	Febrero	434,64	433	29,25	25,25	-4,00	4,66	0,665	263,34	0,000	0,142	0	0,665
	Marzo	433	430,87	25,25	20,77	-4,49	4,55	0,064	227,29	0,000	0,186	0	0,064
	Abril	430,87	428,51	20,77	16,46	-4,31	4,19	-0,117	190,68	0,000	0,145	0	-0,117
	Mayo	428,51	428,22	16,46	15,97	-0,49	3,22	2,731	169,82	0,089	0,138	0	2,731

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

	Junio	428,22	429,78	15,97	18,70	2,73	2,76	5,492	164,37	0,233	0,120	0	5,492
	Julio	429,78	434,66	18,70	29,30	10,60	2,62	13,218	179,94	0,261	0,121	0	13,218
	Agosto	434,66	437,68	29,30	38,66	9,36	1,48	10,838	263,34	0,156	0,116	3,97	14,808
	Septiembre	437,68	437,68	38,66	38,66	0,00	1,29	1,290	305,26	0,128	0,122	9,11	10,400
	Octubre	437,68	437,1	38,66	36,60	-2,06	1,52	-0,542	305,26	0,018	0,126	4,79	4,248
	Noviembre	437,1	436,62	36,60	35,00	-1,60	4,04	2,442	305,26	0,027	0,112	0	2,442
	Diciembre	436,62	435,42	35,00	31,37	-3,63	4,92	1,292	305,26	0,015	0,103	0	1,292
1993	Enero	435,42	433,72	31,37	26,94	-4,43	5,18	0,747	273,64	0,000	0,146	0	0,747
	Febrero	433,72	431,78	26,94	22,60	-4,34	5,11	0,775	237,50	0,000	0,156	0	0,775
	Marzo	431,78	429,55	22,60	18,28	-4,32	5,19	0,872	204,02	0,012	0,180	0	0,872
	Abril	429,55	427,47	18,28	14,74	-3,54	4,17	0,628	179,94	0,041	0,164	0	0,628
	Mayo	427,47	430	14,74	19,11	4,37	3,23	7,597	154,73	0,286	0,120	0	7,597
	Junio	430	433,82	19,11	27,18	8,07	2,82	10,891	185,09	0,145	0,108	0	10,891
	Julio	433,82	434,8	27,18	29,67	2,49	2,63	5,120	237,50	0,099	0,144	0	5,120
	Agosto	434,8	436,84	29,67	35,72	6,05	1,45	7,499	263,34	0,262	0,110	19,5	26,999
	Septiembre	436,84	438,21	35,72	40,68	4,96	1,12	6,085	305,26	0,168	0,129	20,97	27,055
	Octubre	438,21	437,22	40,68	37,01	-3,67	2,38	-1,293	305,26	0,043	0,151	6,36	5,067
	Noviembre	437,22	436,85	37,01	35,75	-1,26	4,01	2,752	305,26	0,006	0,111	0	2,752
	Diciembre	436,85	435,59	35,75	31,86	-3,90	4,29	0,393	305,26	0,005	0,118	0	0,393
1994	Enero	435,59	433,72	31,86	26,94	-4,92	4,59	-0,329	284,04	0,000	0,164	0	-0,329
	Febrero	433,72	431,74	26,94	22,52	-4,42	4,26	-0,158	237,50	0,000	0,166	0	-0,158
	Marzo	431,74	429,5	22,52	18,19	-4,33	4,65	0,325	204,02	0,000	0,214	0	0,325
	Abril	429,5	427,27	18,19	14,42	-3,77	3,35	-0,421	179,94	0,000	0,205	0	-0,421
	Mayo	427,27	426,11	14,42	12,65	-1,78	2,88	1,104	154,73	0,056	0,214	0	1,104
	Junio	426,11	425,85	12,65	12,27	-0,38	1,65	1,269	145,79	0,165	0,174	0	1,269
	Julio	425,85	426,15	12,27	12,71	0,44	1,43	1,871	141,35	0,179	0,136	0	1,871
	Agosto	426,15	428,46	12,71	16,37	3,67	1,48	5,149	145,79	0,185	0,127	0	5,149
	Septiembre	428,46	429,82	16,37	18,78	2,40	1,65	4,051	164,37	0,211	0,104	0	4,051
	Octubre	429,82	430,4	18,78	19,86	1,08	1,71	2,794	179,94	0,146	0,136	0	2,794
	Noviembre	430,4	430,17	19,86	19,43	-0,43	1,57	1,136	185,09	0,039	0,127	0	1,136
	Diciembre	430,17	429,22	19,43	17,69	-1,73	2,12	0,388	185,09	0,033	0,126	0	0,388
1995	Enero	429,22	427,54	17,69	14,85	-2,84	2,46	-0,379	174,86	0,000	0,170	0	-0,379
	Febrero	427,54	425,59	14,85	11,89	-2,96	2,27	-0,694	159,35	0,000	0,211	0	-0,694
	Marzo	425,59	424,61	11,89	10,53	-1,36	1,9	0,541	141,35	0,109	0,218	0	0,541
	Abril	424,61	424,13	10,53	9,90	-0,63	1,4	0,766	133,49	0,013	0,206	0	0,766
	Mayo	424,13	423,79	9,90	9,46	-0,44	1,35	0,913	129,33	0,047	0,188	0	0,913
	Junio	423,79	427,38	9,46	14,60	5,14	1,32	6,458	125,34	0,299	0,095	0	6,458
	Julio	427,38	429,19	14,60	17,64	3,04	1,27	4,312	154,73	0,148	0,126	0	4,312
	Agosto	429,19	434,64	17,64	29,25	11,61	1,28	12,888	174,86	0,189	0,120	0	12,888
	Septiembre	434,64	436,1	29,25	33,37	4,12	1,3	5,419	263,34	0,094	0,138	0	5,419
	Octubre	436,1	436,52	33,37	34,68	1,31	1,56	2,870	286,42	0,153	0,134	0	2,870
	Noviembre	436,52	436,4	34,68	34,30	-0,38	2,33	1,949	305,26	0,056	0,000	0	1,949
	Diciembre	436,4	435,1	34,30	30,48	-3,82	3,81	-0,006	286,42	0,000	0,000	0	-0,006
1996	Enero	435,1	433,28	30,48	25,90	-4,58	4,32	-0,263	273,64	0,000	0,000	0	-0,263

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

	Febrero	433,28	431,3	25,90	21,62	-4,28	4,16	-0,116	227,29	0,000	0,000	0	-0,116
	Marzo	431,3	428,76	21,62	16,89	-4,73	4,61	-0,122	197,13	0,000	0,000	0	-0,122
	Abril	428,76	427,14	16,89	14,22	-2,67	2,97	0,299	169,82	0,000	0,000	0	0,299
	Mayo	427,14	426,68	14,22	13,50	-0,71	1,9	1,186	154,73	0,000	0,179	0	1,186
	Junio	426,68	426,8	13,50	13,69	0,18	1,48	1,664	150,31	0,029	0,140	0	1,664
	Julio												
	Agosto												
	Septiembre	437,33	437,82	37,40	39,18	1,78	1,61	3,394	305,26	0,110	0,140	4,24	7,634
	Octubre	437,82	438	39,18	39,86	0,68	1,67	2,354	305,26	0,114	0,145	4,89	7,244
	Noviembre	438	437,7	39,86	38,73	-1,13	2,17	1,038	305,26	0,081	0,145	8,31	9,348
	Diciembre	437,7	437,72	38,73	38,81	0,07	3,46	3,534	305,26	0,096	0,162	3,67	7,204
1997	Enero	437,73	437	38,84	36,26	-2,59	3,82	1,232	305,26	0,000	0,188	3,64	4,872
	Febrero	437	436,28	36,26	33,92	-2,34	3,63	1,295	305,26	0,001	0,195	2,63	3,925
	Marzo	436,28	435,3	33,92	31,03	-2,89	4,84	1,953	286,42	0,000	0,240	0	1,953
	Abril	435,3	433,78	31,03	27,08	-3,95	4,91	0,959	273,64	0,012	0,215	0	0,959
	Mayo	433,78	432,84	27,08	24,89	-2,19	4,2	2,009	237,50	0,036	0,179	0	2,009
	Junio	432,84	432,2	24,89	23,49	-1,40	2,58	1,177	218,89	0,000	0,000	0	1,177
	Julio	432,2	434,2	23,49	28,12	4,63	2,67	7,301	211,21	0,184	0,138	0	7,301
	Agosto	434,2	435,89	28,12	32,73	4,62	2,7	7,315	251,11	0,118	0,135	0	7,315
	Septiembre	435,89	436,08	32,73	33,31	0,57	2,629	3,200	284,04	0,072	0,140	0	3,200
	Octubre	436,08	436,91	33,31	35,95	2,65	2,979	5,626	286,42	0,076	0,145	0	5,626
	Noviembre	436,91	437,11	35,95	36,63	0,68	3,636	4,314	305,26	0,065	0,145	0	4,314
	Diciembre	437,11	435,9	36,63	32,76	-3,87	4,718	0,851	305,26	0,000	0,162	0	0,851
1998	Enero	435,9	434,29	32,76	28,35	-4,42	5,14	0,722	284,04	0,000	0,189	0	0,722
	Febrero	434,29	432,72	28,35	24,62	-3,72	3,72	-0,003	251,11	0,000	0,195	0	-0,003
	Marzo	432,72	430,71	24,62	20,45	-4,17	4	-0,168	218,89	0,000	0,215	0	-0,168
	Abril	430,71	429,2	20,45	17,66	-2,80	3,07	0,273	190,68	0,044	0,215	0	0,273
	Mayo	429,2	428,5	17,66	16,44	-1,21	2,72	1,505	174,86	0,199	0,179	0	1,505
	Junio	428,5	431,13	16,44	21,28	4,84	1,8	6,637	169,82	0,219	0,140	0	6,637
	Julio	431,13	433,56	21,28	26,55	5,27	1,86	7,134	197,13	0,123	0,138	0	7,134
	Agosto	433,56	434,48	26,55	28,83	2,28	1,88	4,158	237,50	0,167	0,138	0	4,158
	Septiembre	434,48	436,5	28,83	34,61	5,78	1,84	7,621	251,11	0,140	0,141	0	7,621
	Octubre	436,5	437,74	34,61	38,88	4,27	7,5	11,768	305,26	0,120	0,146	0	11,768
	Noviembre	437,74	437,75	38,88	38,92	0,04	3,816	3,853	305,26	0,068	0,145	0	3,853
	Diciembre	437,75	436,73	38,92	35,36	-3,56	4,019	0,457	305,26	0,014	0,162	0	0,457
1999	Enero	436,73	435,72	35,36	32,23	-3,12	4,65	1,527	305,26	0,000	0,188	0	1,527
	Febrero	435,72	434,73	32,23	29,48	-2,75	4,28	1,531	284,04	0,000	0,195	0	1,531
	Marzo	434,73	433,17	29,48	25,64	-3,84	4,7	0,857	263,34	0,000	0,240	0	0,857
	Abril	433,17	433,76	25,64	27,03	1,39	3,25	4,642	227,29	0,044	0,215	0	4,642
	Mayo	433,76	432,66	27,03	24,49	-2,54	3,12	0,576	237,50	0,112	0,180	0	0,576
	Junio	432,66	431,94	24,49	22,94	-1,55	2,19	0,637	218,89	0,171	0,141	0	0,637
	Julio	431,94	432,4	22,94	23,92	0,98	2,26	3,243	204,02	0,165	0,138	0	3,243
	Agosto	432,4	437,27	23,92	37,19	13,27	5,2	18,466	211,21	0,181	0,134	3,08	21,546
	Septiembre	437,27	437,7	37,19	38,73	1,55	9,37	10,917	305,26	0,146	0,139	8,14	19,057

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

2000	Octubre	437,7	437,62	38,73	38,44	-0,29	13,86	13,566	305,26	0,120	0,144	12,59	26,156
	Noviembre	437,62	437,98	38,44	39,79	1,35	7,06	8,409	305,26	0,055	0,144	5,48	13,889
	Diciembre	437,98	437,69	39,79	38,70	-1,09	24,96	23,868	305,26	0,020	0,160	22,61	46,478
	Enero	437,69	437,44	38,70	37,79	-0,91	11,18	10,271	305,26	0,006	0,188	7,79	18,061
	Febrero	437,44	437,03	37,79	36,36	-1,43	4,56	3,131	305,26	0,003	0,195	1,22	4,351
	Marzo	437,03	435,99	36,36	33,03	-3,32	4,74	1,416	305,26	0,007	0,239	0	1,416
	Abril	435,99	434,52	33,03	28,94	-4,10	4,39	0,292	284,04	0,036	0,214	0	0,292
	Mayo	434,52	433,12	28,94	25,53	-3,41	3,76	0,351	263,34	0,012	0,180	0	0,351
	Junio	433,12	433,24	25,53	25,80	0,28	2,2	2,477	227,29	0,171	0,141	0	2,477
	Julio	433,24	433,43	25,80	26,25	0,44	2	2,444	227,29	0,165	0,138	0	2,444
	Agosto	433,43	433,6	26,25	26,65	0,40	2	2,403	227,29	0,181	0,134	0	2,403
	Septiembre	433,6	433,65	26,65	26,77	0,12	1,82	1,940	237,50	0,146	0,139	0	1,940
2001	Octubre	433,65	434,65	26,77	29,27	2,50	1,88	4,385	237,50	0,120	0,144	0	4,385
	Noviembre	434,65	435,63	29,27	31,97	2,70	2,15	4,847	263,34	0,055	0,144	0	4,847
	Diciembre	435,63	434,72	31,97	29,46	-2,51	3,15	0,637	284,04	0,020	0,160	0	0,637
	Enero	434,72	433,31	29,46	25,97	-3,49	3,48	-0,012	263,34	0,006	0,188	0	-0,012
	Febrero	433,31	431,48	25,97	21,98	-3,98	3,44	-0,541	227,29	0,003	0,195	0	-0,541
	Marzo	431,48	429,29	21,98	17,82	-4,17	3,85	-0,317	197,13	0,007	0,239	0	-0,317
	Abril	429,29	427,3	17,82	14,47	-3,35	3,17	-0,177	174,86	0,036	0,214	0	-0,177
	Mayo	427,3	426,4	14,47	13,08	-1,39	2,65	1,259	154,73	0,112	0,180	0	1,259
	Junio	426,4	427,02	13,08	14,03	0,95	1,61	2,560	145,79	0,171	0,141	0	2,560
	Julio	427,02	427,09	14,03	14,14	0,11	1,59	1,700	154,73	0,165	0,138	0	1,700
	Agosto	427,09	430,9	14,14	20,83	6,69	3,64	10,326	154,73	0,181	0,134	0	10,326
	Septiembre	430,9	432,41	20,83	23,94	3,12	2,82	5,936	190,68	0,146	0,139	0	5,936
2002	Octubre	432,41	433,4	23,94	26,18	2,23	1,67	3,905	211,21	0,120	0,144	0	3,905
	Noviembre	433,4	433,55	26,18	26,53	0,35	1,75	2,104	227,29	0,055	0,144	0	2,104
	Diciembre	433,55	433,44	26,53	26,27	-0,26	2,6	2,340	237,50	0,020	0,160	0	2,340
	Enero	432,44	432,59	24,01	24,34	0,33	2,91	3,239	211,21	0,006	0,188	0	3,239
	Febrero	432,59	431,59	24,34	22,21	-2,13	2,78	0,655	218,89	0,003	0,195	0	0,655
	Marzo	431,59	430,11	21,92	19,31	-2,61	2,96	0,349	197,13	0,007	0,239	0	0,349
	Abril	430,11	428,95	19,31	17,22	-2,09	2,31	0,215	185,09	0,036	0,214	0	0,215
	Mayo	428,95	428,69	17,22	16,77	-0,45	1,57	1,120	169,82	0,112	0,180	0	1,120
	Junio	428,69	428,72	16,77	16,82	0,05	1,45	1,502	169,82	0,171	0,141	0	1,502
	Julio	428,72	429,07	16,82	17,43	0,61	1,5	2,109	169,82	0,165	0,138	0	2,109
	Agosto	429,07	430,37	17,43	19,80	2,37	1,51	3,884	174,86	0,181	0,134	0	3,884
	Septiembre	430,37	431,58	19,80	22,19	2,39	1,47	3,857	185,09	0,146	0,139	0	3,857
2003	Octubre	431,58	431,54	22,19	22,11	-0,08	1,53	1,448	204,02	0,120	0,144	0	1,448
	Noviembre	431,54	431,12	22,11	21,26	-0,85	1,85	1,003	204,02	0,055	0,144	0	1,003
	Diciembre	431,12	430,04	21,26	19,18	-2,08	2,73	0,652	197,13	0,020	0,160	0	0,652
	Enero	430,04	428,55	19,18	16,53	-2,65	3,18	0,525	185,09	0,000	0,216	0	0,525
	Febrero	428,55	427,01	16,53	14,01	-2,51	3,16	0,646	169,82	0,000	0,228	0	0,646
	Marzo	427,01	425,27	14,01	11,44	-2,58	3,07	0,493	154,73	0,000	0,267	0	0,493
	Abril	425,27	424,1	11,44	9,86	-1,58	1,75	0,171	137,47	0,000	0,240	0	0,171
	Mayo	424,1	423,36	9,86	8,92	-0,93	1,35	0,415	129,33	0,112	0,180	0	0,415

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

	Junio	423,36	422,96	8,92	8,44	-0,48	1,25	0,765	121,28	0,171	0,141	0	0,765
	Julio	422,96	426,04	8,44	12,54	4,11	1,3	5,405	121,28	0,165	0,138	0	5,405
	Agosto	426,04	427,94	12,54	15,51	2,96	1,32	4,282	145,79	0,181	0,134	0	4,282
	Septiembre	427,94	430,75	15,51	20,53	5,03	1,31	6,337	159,35	0,146	0,139	0	6,337
	Octubre	430,75	433,38	20,53	26,13	5,60	1,39	6,987	190,68	0,120	0,144	0	6,987
	Noviembre	433,38	434,43	26,13	28,70	2,57	1,37	3,944	227,29	0,055	0,144	0	3,944
	Diciembre	434,43	434,07	28,70	27,79	-0,91	2,33	1,421	251,11	0,020	0,160	0	1,421
2004	Enero	434,07	433,37	27,79	26,11	-1,69	2,75	1,062	251,11	0,006	0,188	0	1,062
	Febrero	433,37	432,38	26,11	23,88	-2,23	2,82	0,590	227,29	0,003	0,195	0	0,590
	Marzo	432,38	430,85	23,88	20,73	-3,15	2,93	-0,219	211,21	0,007	0,239	0	-0,219
	Abril	430,85	429,12	20,73	17,52	-3,21	3,24	0,029	190,68	0,036	0,214	0	0,029
	Mayo	429,12	428,66	17,52	16,72	-0,80	2,36	1,560	174,86	0,112	0,180	0	1,560
	Junio	428,66	429,17	16,72	17,60	0,89	1,37	2,258	169,82	0,171	0,141	0	2,258
	Julio	429,17	430,4	17,60	19,86	2,26	1,43	3,685	174,86	0,165	0,138	0	3,685
	Agosto	430,4	433,8	19,86	27,13	7,27	1,59	8,861	185,09	0,181	0,134	0	8,861
	Septiembre	433,8	436,64	27,13	35,06	7,93	1,58	9,512	237,50	0,146	0,139	0	9,512
	Octubre	436,64	437,55	35,06	38,18	3,12	2,21	5,330	305,26	0,120	0,144	0,09	5,420
	Noviembre	437,55	437,59	38,18	38,33	0,15	3,22	3,365	305,26	0,055	0,144	0,49	3,855
	Diciembre	437,59	437,53	38,33	38,11	-0,22	3,25	3,032	305,26	0,020	0,160	1,01	4,042
2005	Enero	437,53	437,37	38,11	37,54	-0,57	3,9	3,327	305,26	0,006	0,188	0	3,327
	Febrero	437,37	437,41	37,54	37,68	0,14	3,82	3,962	305,26	0,003	0,195	0	3,962
	Marzo	437,41	435,56	37,68	31,77	-5,91	4,33	-1,580	305,26	0,007	0,239	0,84	-0,740
	Abril	435,56	433,86	31,77	27,28	-4,49	4,06	-0,433	284,04	0,036	0,214	0	-0,433
	Mayo	433,86	433,12	27,28	25,53	-1,75	4	2,250	237,50	0,112	0,180	0	2,250
	Junio	433,12	435,71	25,53	32,20	6,68	2,97	9,647	227,29	0,171	0,141	0	9,647
	Julio	435,71	437,04	32,20	36,39	4,19	3,1	7,288	284,04	0,165	0,138	3,45	10,738
	Agosto	437,04	437,06	36,39	36,46	0,07	3,11	3,178	305,26	0,181	0,134	25,35	28,528
	Septiembre	437,06	437,31	36,46	37,33	0,87	3,01	3,876	305,26	0,146	0,139	3,63	7,506
	Octubre	437,31	437,52	37,33	38,07	0,75	3,11	3,859	305,26	0,120	0,144	0,61	4,469
	Noviembre	437,52	437,56	38,07	38,22	0,14	4,86	5,005	305,26	0,055	0,144	5,94	10,945
	Diciembre	437,56	437,36	38,22	37,50	-0,72	5,02	4,303	305,26	0,020	0,160	3,05	7,353
2006	Enero	437,36	436,98	37,50	36,19	-1,31	5,13	3,816	305,26	0,007	0,188	0	3,816
	Febrero	436,98	436,23	36,19	33,77	-2,42	4,83	2,407	305,26	0,003	0,195	0	2,407
	Marzo	436,23	434,72	33,77	29,46	-4,31	5,42	1,113	286,42	0,007	0,239	0	1,113
	Abril	434,72	432,7	29,46	24,58	-4,88	5,18	0,300	263,34	0,036	0,214	0	0,300
	Mayo	432,7	432,83	24,58	24,87	0,29	5,42	5,710	218,89	0,112	0,180	0	5,710
	Junio	432,83	432,42	24,87	23,96	-0,91	2,93	2,024	218,89	0,171	0,141	0	2,024
	Julio	432,42	432,9	23,96	25,03	1,06	1,64	2,703	211,21	0,165	0,138	0	2,703
	Agosto	432,9	437,14	25,03	36,73	11,71	2,85	14,558	218,89	0,181	0,134	0,1	14,658
	Septiembre	437,14	437,047	36,73	36,42	-0,32	2,8	2,482	305,26	0,146	0,139	13,11	15,592
	Octubre	437,07	437,09	36,49	36,56	0,07	2,86	2,928	305,26	0,120	0,144	2,51	5,438
	Noviembre	437,09	437,4	36,56	37,64	1,08	2,41	3,492	305,26	0,055	0,144	0	3,492
	Diciembre	437,4	436,04	37,64	33,18	-4,46	4,79	0,330	305,26	0,020	0,160	0	0,330

Anexo 10. Tabla de cálculo para el movimiento de embalse del año 2007.

	Espejo de agua (Ha)	Ganancia o pérdida (mm)	Volumen inicial (Hm3)	volumen medio (Hm3)	alivios	volumen definitivo (Hm3)	fallas	alivios
Mes								
1	305,26	-184,20	38,730	36,54	0	36,539	0	0
2	305,26	-154,90	36,539	34,04	0	34,043	0	0
3	286,42	-234,70	34,043	31,66	0	31,664	0	0
4	284,04	28,20	31,664	34,64	0	34,639	0	0
5	305,26	-23,60	34,639	37,92	0	37,915	0	0
6	305,26	28,50	37,915	42,84	4,114371	38,730	0	1
7	305,26	98,10	38,730	47,42	8,687781	38,730	0	1
8	305,26	159,80	38,730	58,78	20,05082	38,730	0	1
9	305,26	99,05	38,730	52,78	14,04559	38,730	0	1
10	305,26	-38,80	38,730	46,60	7,872878	38,730	0	1
11	305,26	-155,90	38,730	40,20	1,466397	38,730	0	1
12	305,26	-99,80	38,730	37,37	0	37,373	0	0
13	305,26	-141,80	37,373	35,78	0	35,778	0	0
14	305,26	-178,30	35,778	33,98	0	33,977	0	0
15	286,42	-137,10	33,977	33,06	0	33,064	0	0
16	284,04	-56,90	33,064	32,25	0	32,251	0	0
17	284,04	255,20	32,251	44,86	6,126384	38,730	0	1
18	305,26	100,70	38,730	53,00	14,26965	38,730	0	1
19	305,26	2,70	38,730	43,09	4,355826	38,730	0	1
20	305,26	-5,40	38,730	40,56	1,826614	38,730	0	1
21	305,26	24,70	38,730	40,59	1,856024	38,730	0	1
22	305,26	-49,90	38,730	39,23	0,496891	38,730	0	1
23	305,26	-115,50	38,730	36,45	0	36,454	0	0
24	305,26	-148,00	36,454	33,55	0	33,554	0	0
25	286,42	-131,50	33,554	30,81	0	30,814	0	0
26	273,64	-183,50	30,814	27,95	0	27,953	0	0
27	251,11	-255,90	27,953	25,12	0	25,123	0	0
28	218,89	-147,50	25,123	22,47	0	22,468	0	0
29	204,02	6,60	22,468	21,38	0	21,378	0	0
30	197,13	-0,30	21,378	21,18	0	21,179	0	0
31	197,13	-51,10	21,179	22,46	0	22,460	0	0
32	204,02	58,10	22,460	26,79	0	26,794	0	0
33	237,50	-57,10	26,794	27,05	0	27,049	0	0
34	237,50	-39,80	27,049	26,27	0	26,266	0	0
35	227,29	-129,80	26,266	24,01	0	24,014	0	0
36	211,21	-151,70	24,014	21,46	0	21,457	0	0
37	197,13	-184,20	21,457	20,07	0	20,069	0	0
38	190,68	-208,40	20,069	17,65	0	17,649	0	0

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

39	174,86	-273,70	17,649	14,83	0	14,828	0	0
40	159,35	-171,00	14,828	12,28	0	12,276	0	0
41	141,35	-214,10	12,276	9,62	0	9,623	0	0
42	125,34	-67,60	9,623	7,45	0	7,451	0	0
43	111,76	16,90	7,451	6,22	0	6,224	0	0
44	98,59	84,50	6,224	6,77	0	6,770	0	0
45	103,82	48,40	6,770	10,28	0	10,281	0	0
46	129,33	-12,70	10,281	15,98	0	15,976	0	0
47	164,37	28,70	15,976	20,90	0	20,898	0	0
48	190,68	-124,10	20,898	24,18	0	24,177	0	0
49	218,89	-179,30	24,177	24,69	0	24,691	0	0
50	218,89	-210,80	24,691	22,83	0	22,831	0	0
51	204,02	-199,80	22,831	20,78	0	20,785	0	0
52	190,68	-41,00	20,785	19,35	0	19,352	0	0
53	185,09	-45,30	19,352	19,18	0	19,182	0	0
54	185,09	115,50	19,182	21,12	0	21,118	0	0
55	197,13	76,30	21,118	26,92	0	26,918	0	0
56	237,50	61,60	26,918	31,67	0	31,672	0	0
57	284,04	52,50	31,672	36,46	0	36,459	0	0
58	305,26	24,60	36,459	41,37	2,636124	38,730	0	1
59	305,26	-47,60	38,730	42,79	4,063639	38,730	0	1
60	305,26	-72,10	38,730	51,59	12,85817	38,730	0	1
61	305,26	-140,50	38,730	40,55	1,824023	38,730	0	1
62	305,26	-164,20	38,730	37,02	0	37,019	0	0
63	305,26	-215,40	37,019	34,14	0	34,138	0	0
64	286,42	-187,40	34,138	31,28	0	31,278	0	0
65	273,64	59,40	31,278	32,70	0	32,702	0	0
66	284,04	80,50	32,702	37,62	0	37,625	0	0
67	305,26	24,20	37,625	41,11	2,383435	38,730	0	1
68	305,26	30,40	38,730	41,78	3,048675	38,730	0	1
69	305,26	16,40	38,730	39,76	1,031783	38,730	0	1
70	305,26	125,40	38,730	49,51	10,77817	38,730	0	1
71	305,26	-50,70	38,730	44,66	5,926709	38,730	0	1
72	305,26	-178,30	38,730	39,60	0,873806	38,730	0	1
73	305,26	-152,30	38,730	36,60	0	36,595	0	0
74	305,26	-164,60	36,595	33,70	0	33,705	0	0
75	286,42	-232,00	33,705	30,83	0	30,834	0	0
76	273,64	-208,60	30,834	28,08	0	28,082	0	0
77	251,11	6,30	28,082	26,34	0	26,339	0	0
78	227,29	42,80	26,339	24,79	0	24,785	0	0
79	218,89	102,70	24,785	27,57	0	27,575	0	0
80	237,50	32,90	27,575	29,92	0	29,920	0	0
81	263,34	44,40	29,920	35,01	0	35,007	0	0
82	305,26	-55,30	35,007	36,80	0	36,800	0	0
83	305,26	-27,90	36,800	38,41	0	38,408	0	0
84	305,26	-115,90	38,408	37,09	0	37,092	0	0

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

85	305,26	-168,40	37,092	34,19	0	34,191	0	0
86	286,42	-184,20	34,191	31,53	0	31,527	0	0
87	273,64	-132,30	31,527	28,67	0	28,666	0	0
88	251,11	-115,60	28,666	25,83	0	25,826	0	0
89	227,29	-87,00	25,826	23,88	0	23,878	0	0
90	211,21	264,40	23,878	28,33	0	28,332	0	0
91	251,11	108,20	28,332	35,00	0	35,000	0	0
92	305,26	130,60	35,000	43,88	5,148712	38,730	0	1
93	305,26	95,80	38,730	52,84	14,10801	38,730	0	1
94	305,26	110,70	38,730	53,88	15,15433	38,730	0	1
95	305,26	-6,40	38,730	43,21	4,482103	38,730	0	1
96	305,26	-75,80	38,730	45,47	6,74326	38,730	0	1
97	305,26	-69,50	38,730	44,83	6,097228	38,730	0	1
98	305,26	-121,40	38,730	39,97	1,242858	38,730	0	1
99	305,26	-225,90	38,730	37,70	0	37,703	0	0
100	305,26	-201,70	37,703	36,58	0	36,582	0	0
101	305,26	-81,70	36,582	36,14	0	36,140	0	0
102	305,26	4,30	36,140	34,43	0	34,431	0	0
103	286,42	83,50	34,431	35,62	0	35,620	0	0
104	305,26	60,00	35,620	40,04	1,307576	38,730	0	1
105	305,26	41,90	38,730	43,67	4,937355	38,730	0	1
106	305,26	-44,00	38,730	40,09	1,363059	38,730	0	1
107	305,26	-93,90	38,730	40,52	1,794975	38,730	0	1
108	305,26	-106,50	38,730	37,71	0	37,711	0	0
109	305,26	-118,70	37,711	37,89	0	37,892	0	0
110	305,26	-164,50	37,892	38,55	0	38,552	0	0
111	305,26	-178,70	38,552	38,59	0	38,587	0	0
112	305,26	-139,70	38,587	36,64	0	36,639	0	0
113	305,26	-119,90	36,639	36,78	0	36,777	0	0
114	305,26	35,80	36,777	36,93	0	36,927	0	0
115	305,26	93,60	36,927	46,31	7,577296	38,730	0	1
116	305,26	56,10	38,730	43,88	5,153028	38,730	0	1
117	305,26	58,20	38,730	52,61	13,88332	38,730	0	1
118	305,26	-44,20	38,730	42,24	3,514158	38,730	0	1
119	305,26	-95,50	38,730	39,74	1,012143	38,730	0	1
120	305,26	-143,20	38,730	40,16	1,428464	38,730	0	1
121	305,26	-131,00	38,730	37,54	0	37,539	0	0
122	305,26	-146,40	37,539	36,33	0	36,335	0	0
123	305,26	-183,79	36,335	34,59	0	34,592	0	0
124	305,26	-182,40	34,592	31,77	0	31,771	0	0
125	284,04	-61,10	31,771	29,92	0	29,923	0	0
126	263,34	-15,90	29,923	29,45	0	29,454	0	0
127	263,34	144,00	29,454	34,05	0	34,053	0	0
128	286,42	124,00	34,053	45,15	6,416402	38,730	0	1
129	305,26	-74,20	38,730	44,57	5,840951	38,730	0	1
130	305,26	-90,00	38,730	39,19	0,460831	38,730	0	1

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

131	305,26	-138,00	38,730	37,54	0	37,541	0	0
132	305,26	-136,40	37,541	35,49	0	35,491	0	0
133	305,26	-141,70	35,491	33,30	0	33,295	0	0
134	286,42	-185,70	33,295	30,53	0	30,529	0	0
135	273,64	-144,80	30,529	27,72	0	27,719	0	0
136	251,11	-49,10	27,719	27,66	0	27,659	0	0
137	251,11	113,10	27,659	30,35	0	30,351	0	0
138	273,64	139,70	30,351	40,74	2,008042	38,730	0	1
139	305,26	39,50	38,730	50,64	11,908	38,730	0	1
140	305,26	5,40	38,730	46,22	7,489635	38,730	0	1
141	305,26	-108,80	38,730	40,07	1,337381	38,730	0	1
142	305,26	-85,80	38,730	38,27	0	38,272	0	0
143	305,26	-88,50	38,272	36,67	0	36,673	0	0
144	305,26	-146,40	36,673	34,55	0	34,550	0	0
145	286,42	-155,50	34,550	32,48	0	32,485	0	0
146	284,04	-168,10	32,485	30,54	0	30,536	0	0
147	273,64	-122,80	30,536	28,37	0	28,373	0	0
148	251,11	165,70	28,373	33,18	0	33,179	0	0
149	286,42	36,90	33,179	41,24	2,510276	38,730	0	1
150	305,26	-44,90	38,730	40,99	2,260123	38,730	0	1
151	305,26	152,20	38,730	62,82	24,08892	38,730	0	1
152	305,26	38,50	38,730	62,86	24,13434	38,730	0	1
153	305,26	-108,10	38,730	40,89	2,156324	38,730	0	1
154	305,26	-104,30	38,730	38,57	0	38,571	0	0
155	305,26	-112,90	38,571	36,07	0	36,075	0	0
156	305,26	-163,80	36,075	33,28	0	33,284	0	0
157	286,42	-166,30	33,284	30,44	0	30,444	0	0
158	273,64	-214,20	30,444	27,95	0	27,948	0	0
159	251,11	-205,00	27,948	25,16	0	25,158	0	0
160	218,89	-157,10	25,158	23,48	0	23,481	0	0
161	211,21	-8,60	23,481	21,98	0	21,979	0	0
162	197,13	43,70	21,979	21,08	0	21,079	0	0
163	197,13	58,20	21,079	23,45	0	23,448	0	0
164	211,21	106,60	23,448	24,70	0	24,699	0	0
165	218,89	10,20	24,699	24,68	0	24,682	0	0
166	218,89	-88,00	24,682	23,01	0	23,008	0	0
167	204,02	-93,10	23,008	20,58	0	20,585	0	0
168	190,68	-170,20	20,585	17,79	0	17,795	0	0
169	174,86	-211,20	17,795	15,02	0	15,024	0	0
170	159,35	-108,90	15,024	12,80	0	12,804	0	0
171	145,79	-193,20	12,804	10,82	0	10,820	0	0
172	133,49	-140,80	10,820	8,98	0	8,983	0	0
173	121,28	204,80	8,983	12,68	0	12,680	0	0
174	145,79	21,40	12,680	14,20	0	14,202	0	0
175	154,73	69,30	14,202	24,26	0	24,260	0	0
176	218,89	-43,50	24,260	26,80	0	26,798	0	0

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

177	237,50	18,90	26,798	26,78	0	26,778	0	0
178	237,50	56,30	26,778	25,83	0	25,827	0	0
179	227,29	0,00	25,827	22,95	0	22,946	0	0
180	204,02	0,00	22,946	20,09	0	20,086	0	0
181	190,68	0,00	20,086	17,25	0	17,246	0	0
182	169,82	0,00	17,246	14,44	0	14,435	0	0
183	154,73	0,00	14,435	11,94	0	11,944	0	0
184	141,35	-178,70	11,944	10,35	0	10,350	0	0
185	129,33	-111,21	10,350	9,23	0	9,234	0	0
186	125,34	-30,40	9,234	13,96	0	13,958	0	0
187	150,31	-30,40	13,958	18,28	0	18,282	0	0
188	179,94	-63,40	18,282	24,71	0	24,710	0	0
189	218,89	-65,40	24,710	28,99	0	28,993	0	0
190	263,34	-188,20	28,993	30,96	0	30,955	0	0
191	273,64	-194,50	30,955	31,98	0	31,979	0	0
192	284,04	-239,70	31,979	31,04	0	31,042	0	0
193	273,64	-202,30	31,042	29,13	0	29,131	0	0
194	263,34	-142,70	29,131	28,29	0	28,289	0	0
195	251,11	0,00	28,289	26,63	0	26,626	0	0
196	237,50	45,50	26,626	31,08	0	31,076	0	0
197	273,64	-16,60	31,076	35,51	0	35,511	0	0
198	305,26	-68,40	35,511	35,82	0	35,822	0	0
199	305,26	-68,70	35,822	38,55	0	38,549	0	0
200	305,26	-80,00	38,549	39,96	1,226314	38,730	0	1
201	305,26	-161,40	38,730	36,68	0	36,683	0	0
202	305,26	-188,60	36,683	34,52	0	34,525	0	0
203	286,42	-195,00	34,525	31,67	0	31,674	0	0
204	284,04	-214,60	31,674	28,84	0	28,844	0	0
205	251,11	-170,53	28,844	26,31	0	26,306	0	0
206	227,29	19,90	26,306	25,01	0	25,011	0	0
207	218,89	79,40	25,011	28,84	0	28,838	0	0
208	251,11	-15,50	28,838	33,13	0	33,132	0	0
209	286,42	28,58	33,132	34,43	0	34,429	0	0
210	286,42	-1,19	34,429	39,17	0,439842	38,730	0	1
211	305,26	-26,30	38,730	47,59	8,857361	38,730	0	1
212	305,26	-76,71	38,730	39,67	0,936839	38,730	0	1
213	305,26	-148,04	38,730	36,28	0	36,278	0	0
214	305,26	-188,20	36,278	34,91	0	34,914	0	0
215	305,26	-195,00	34,914	33,60	0	33,595	0	0
216	286,42	-239,70	33,595	31,59	0	31,592	0	0
217	273,64	-170,60	31,592	33,37	0	33,374	0	0
218	286,42	-68,30	33,374	31,10	0	31,100	0	0
219	273,64	29,80	31,100	28,90	0	28,896	0	0
220	251,11	27,10	28,896	29,30	0	29,299	0	0
221	263,34	46,60	29,299	47,97	9,243885	38,730	0	1
222	305,26	7,10	38,730	54,88	16,14691	38,730	0	1

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

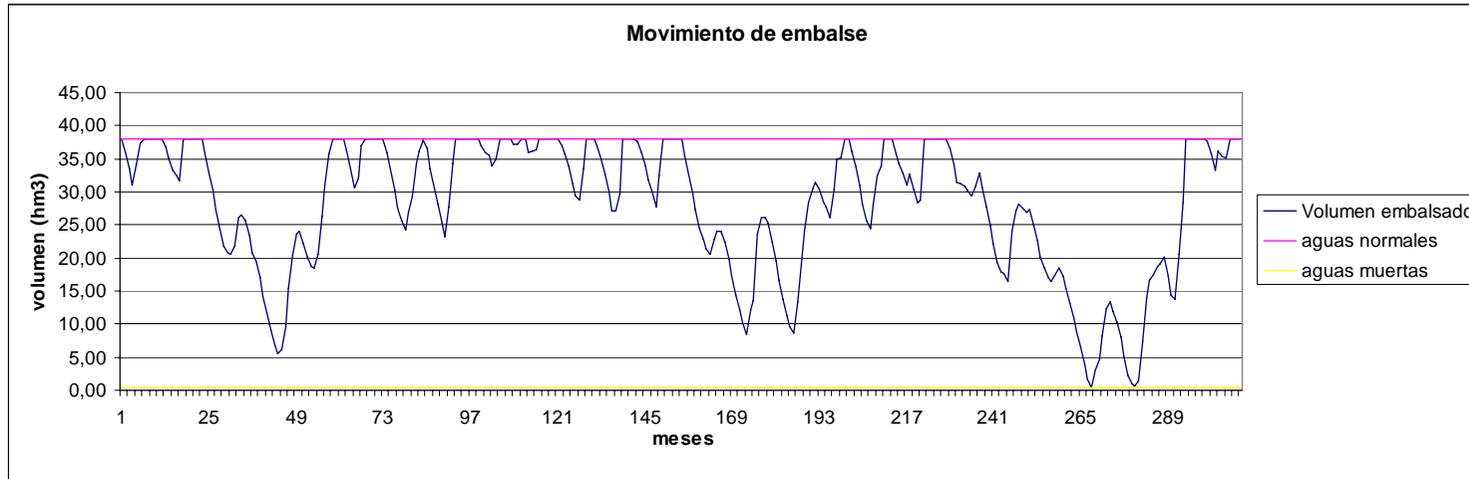
223	305,26	-24,60	38,730	61,97	23,23526	38,730	0	1
224	305,26	-88,60	38,730	49,70	10,96902	38,730	0	1
225	305,26	-140,70	38,730	82,29	43,55766	38,730	0	1
226	305,26	-182,30	38,730	53,88	15,15088	38,730	0	1
227	305,26	-191,90	38,730	40,17	1,440349	38,730	0	1
228	305,26	-231,90	38,730	37,25	0	37,246	0	0
229	305,26	-178,60	37,246	34,66	0	34,657	0	0
230	305,26	-168,30	34,657	32,15	0	32,148	0	0
231	284,04	29,80	32,148	31,77	0	31,774	0	0
232	284,04	27,10	31,774	31,37	0	31,368	0	0
233	273,64	46,60	31,368	30,92	0	30,920	0	0
234	273,64	7,10	30,920	30,00	0	29,999	0	0
235	263,34	-24,60	29,999	31,52	0	31,524	0	0
236	273,64	-88,60	31,524	33,49	0	33,491	0	0
237	286,42	-140,70	33,491	31,25	0	31,247	0	0
238	273,64	-182,30	31,247	28,39	0	28,387	0	0
239	251,11	-191,90	28,387	25,55	0	25,546	0	0
240	227,29	-231,90	25,546	22,74	0	22,736	0	0
241	204,02	-178,60	22,736	19,95	0	19,946	0	0
242	185,09	-68,30	19,946	18,42	0	18,424	0	0
243	179,94	29,80	18,424	18,21	0	18,214	0	0
244	179,94	27,10	18,214	17,13	0	17,133	0	0
245	169,82	46,70	17,133	24,66	0	24,659	0	0
246	218,89	7,10	24,659	27,76	0	27,765	0	0
247	251,11	-24,60	27,765	28,83	0	28,829	0	0
248	251,11	-88,60	28,829	28,08	0	28,083	0	0
249	251,11	-140,70	28,083	27,57	0	27,572	0	0
250	237,50	-182,30	27,572	27,96	0	27,961	0	0
251	251,11	-191,90	27,961	25,78	0	25,785	0	0
252	227,29	-231,90	25,785	23,31	0	23,314	0	0
253	211,21	-178,60	23,314	20,73	0	20,729	0	0
254	190,68	-68,30	20,729	19,05	0	19,048	0	0
255	179,94	29,80	19,048	17,75	0	17,749	0	0
256	174,86	27,10	17,749	17,06	0	17,058	0	0
257	169,82	46,70	17,058	18,13	0	18,132	0	0
258	174,86	7,10	18,132	19,17	0	19,168	0	0
259	185,09	-24,60	19,168	17,79	0	17,786	0	0
260	174,86	-88,60	17,786	15,96	0	15,958	0	0
261	164,37	-140,70	15,958	13,79	0	13,790	0	0
262	150,31	-215,50	13,790	11,52	0	11,515	0	0
263	137,47	-228,31	11,515	9,37	0	9,371	0	0
264	125,34	-266,84	9,371	7,09	0	7,093	0	0
265	107,86	-239,86	7,093	4,50	0	4,504	0	0
266	85,27	-68,30	4,504	2,17	0	2,168	0	0
267	57,55	29,80	2,168	0,19	0	0,329	1	0
268	26,50	27,10	0,329	2,98	0	2,983	0	0

Estudio de Sedimentación del Embalse de Guanapito. Posibles soluciones

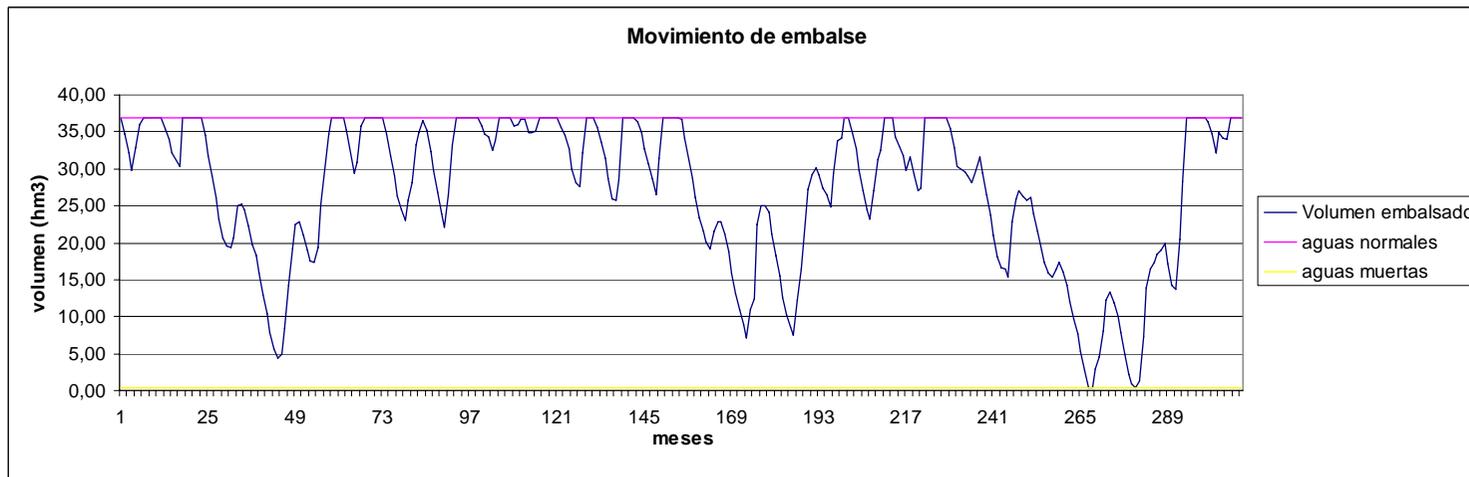
269	64,00	46,60	2,983	4,49	0	4,485	0	0
270	85,27	7,10	4,485	8,02	0	8,022	0	0
271	116,89	-24,60	8,022	12,17	0	12,168	0	0
272	141,35	-88,60	12,168	13,25	0	13,252	0	0
273	150,31	-140,70	13,252	11,80	0	11,802	0	0
274	141,35	-182,30	11,802	10,00	0	10,004	0	0
275	129,33	-191,90	10,004	7,74	0	7,744	0	0
276	111,76	-231,90	7,744	4,91	0	4,913	0	0
277	89,93	-178,60	4,913	2,13	0	2,132	0	0
278	57,55	-68,30	2,132	0,90	0	0,901	0	0
279	40,99	29,80	0,901	0,36	0	0,359	0	0
280	26,50	27,10	0,359	1,23	0	1,234	0	0
281	48,32	46,60	1,234	7,25	0	7,255	0	0
282	107,86	7,10	7,255	13,89	0	13,887	0	0
283	150,31	-24,60	13,887	16,40	0	16,396	0	0
284	164,37	-88,60	16,396	17,34	0	17,341	0	0
285	174,86	-140,70	17,341	18,46	0	18,463	0	0
286	179,94	-182,30	18,463	18,88	0	18,879	0	0
287	179,94	-191,90	18,879	19,93	0	19,931	0	0
288	185,09	-231,90	19,931	17,03	0	17,031	0	0
289	169,82	-178,60	17,031	14,16	0	14,161	0	0
290	154,73	-68,30	14,161	13,56	0	13,560	0	0
291	150,31	29,80	13,560	20,35	0	20,347	0	0
292	190,68	27,10	20,347	28,18	0	28,184	0	0
293	251,11	46,60	28,184	53,80	15,07167	38,730	0	1
294	305,26	7,10	38,730	43,34	4,605621	38,730	0	1
295	305,26	-24,60	38,730	40,29	1,558439	38,730	0	1
296	305,26	-88,60	38,730	46,76	8,034557	38,730	0	1
297	305,26	-140,70	38,730	43,17	4,442388	38,730	0	1
298	305,26	-181,30	38,730	39,64	0,905674	38,730	0	1
299	305,26	-191,90	38,730	38,24	0	38,237	0	0
300	305,26	-231,90	38,237	36,47	0	36,469	0	0
301	305,26	-178,60	36,469	33,91	0	33,909	0	0
302	286,42	-68,30	33,909	36,78	0	36,779	0	0
303	305,26	29,80	36,779	35,96	0	35,963	0	0
304	305,26	27,10	35,963	35,83	0	35,826	0	0
305	305,26	46,60	35,826	47,61	8,883125	38,730	0	1
306	305,26	7,10	38,730	51,41	12,68116	38,730	0	1
307	305,26	-24,60	38,730	41,26	2,528012	38,730	0	1
308	305,26	-88,60	38,730	39,31	0,581583	38,730	0	1
309	305,26	-140,70	38,730	36,16	0	36,160	0	0
					1,640		1	72

Anexo 11. Gráficos de movimiento de embalses.

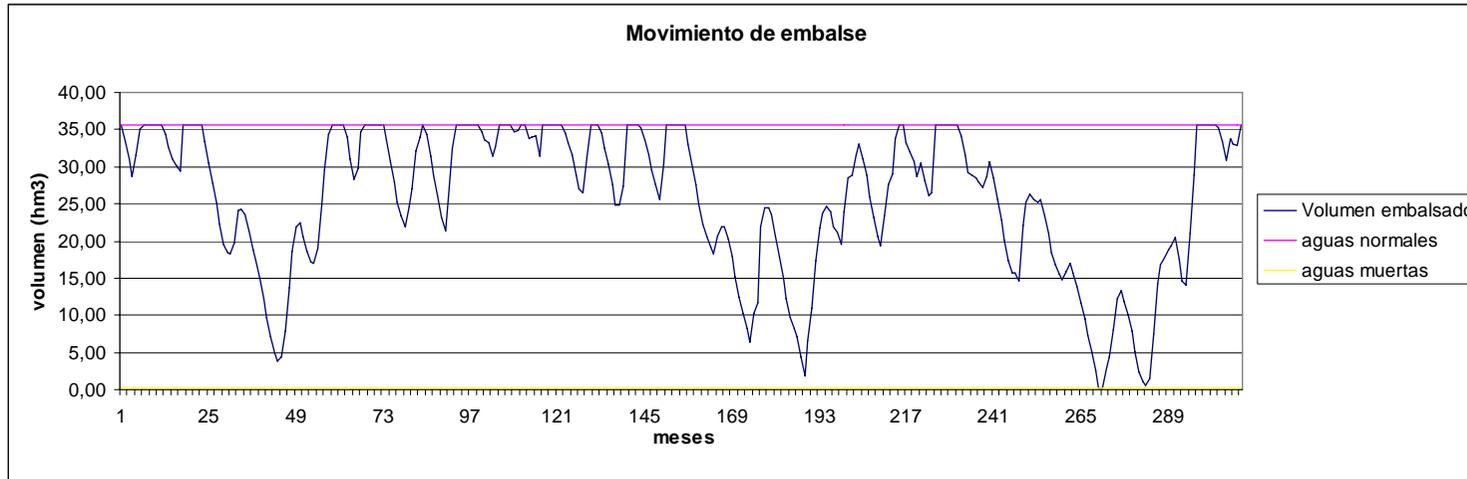
2010:



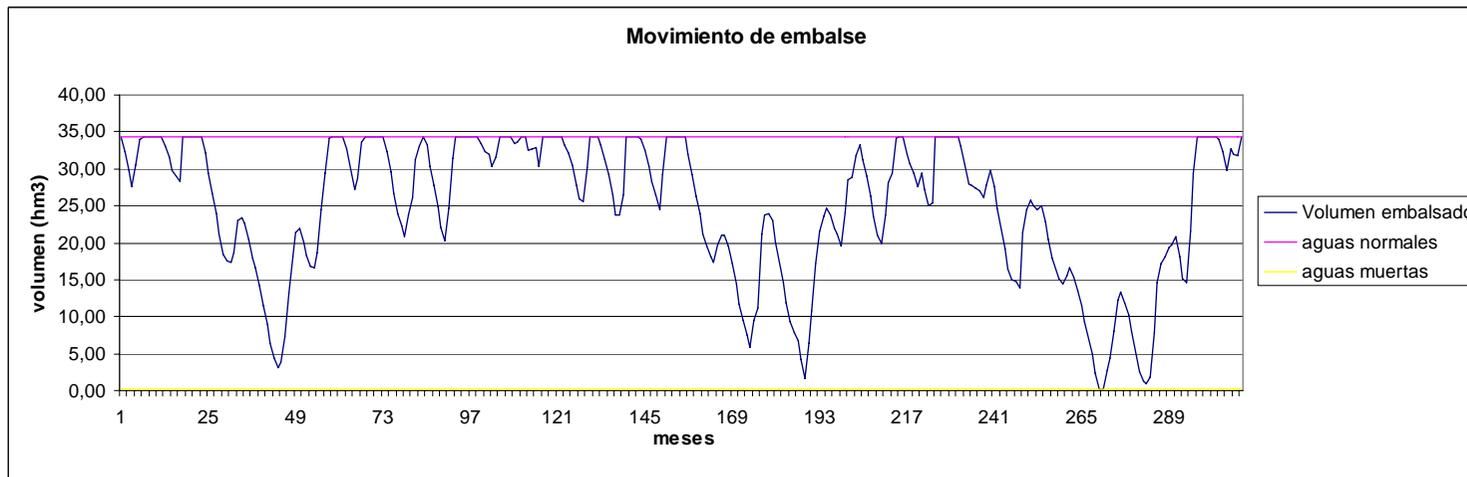
2015:



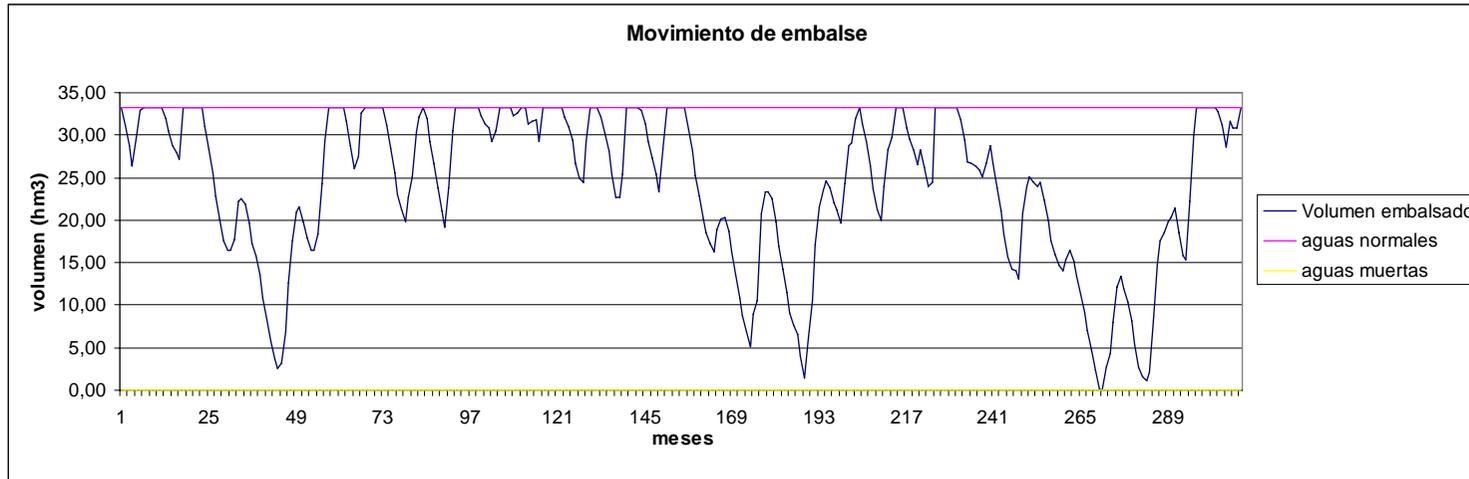
2020:



2025:



2030:



2033:

