



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**MODELO FÍSICO PARA EL DISEÑO DE UN CANAL
ARTIFICIAL PARA LA PRÁCTICA DE RAFTING
EN EL ENTORNO URBANO**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR

Carnoto, Raquel
Laya, Gabriela

PROFESOR GUIA

Divassón, José M.

FECHA

Octubre 2010



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**MODELO FÍSICO PARA EL DISEÑO DE UN CANAL
ARTIFICIAL PARA LA PRÁCTICA DE RAFTING
EN EL ENTORNO URBANO**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR

Carnoto, Raquel
Laya, Gabriela

PROFESOR GUIA

Divassón, José M.

FECHA

Octubre 2010



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

MODELO FÍSICO PARA EL DISEÑO DE UN CANAL
ARTIFICIAL PARA LA PRÁCTICA DE RAFTING
EN EL ENTORNO URBANO

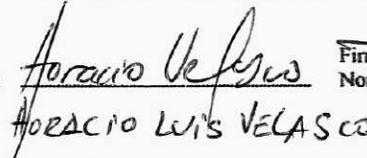
Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado
su contenido con el resultado: VEINTETE PUNTOS (20)

JURADO EXAMINADOR

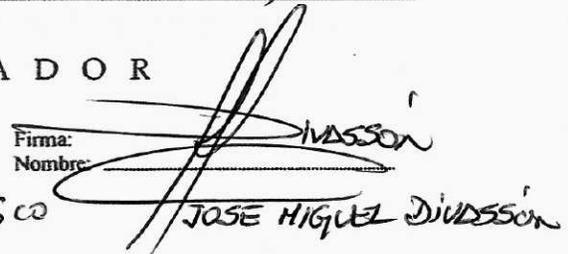
Firma:
Nombre:


CARLOS GORRINI

Firma:
Nombre:


HORACIO LUIS VELASCO

Firma:
Nombre:


JOSE MIGUEL DIVASSÓN

REALIZADO POR

Carnoto, Raquel
Laya, Gabriela

PROFESOR GUIA

Divassón, José M.

FECHA

Octubre 2010

*A mi hermosa familia por darme
las herramientas que me
llevaron a este día.*

Raquel Carnoto

*A Darwin Díaz, por inspirarme con sus ideas
para realizar este trabajo, que me permitió
combinar los conocimientos adquiridos
durante la carrera, permitiéndome demostrar
lo que se es capaz de crear cuando se
quiere hacer algo con excelencia.*

Gabriela Laya

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mi Padre, el Sr Emilio Carnoto graduado de la Universidad de la vida, por dedicar sus días a velar por la familia, por alentarnos en todas las cosas, por exigirnos ser mejores, por brindarme la oportunidad de ser tan buena como él en las metas que me trazo. Por sus consejos y apoyo incondicional en este proyecto, ya que sin él no hubiese podido lograrlo y mil gracias por tu frase.... NO HABIA ALGO MÁS DIFICIL??.... Te quiero.

A mi mamá por estar siempre a mi lado por aconsejarme en tantas cosas para realizar este proyecto, por guiarme y quererme sin importar mi estado de ánimo, por ser la mejor madre que alguien pudiese desear, y por siempre apoyarme en todas mis locuras, por decirme que siempre se puede dar un poquito más aunque no se reciba nada a cambio. Te Quieroooo

Gracias a mi pequeña Isa, por estar siempre a mi lado en la elaboración de este proyecto, por sus productivos consejos de redacción (solo tiene 13 años), por su apoyo y por las notitas que me dejabas antes de irte a dormir, por arreglar el área de mi cuarto para la tesis, en fin por ser tan maravillosa conmigo te quieroooo.

A mi Caro, porque aunque estés lejos, te tenía tan cerca, por nuestras conversaciones a las 3 am acompañándote en tu ida al trabajo mientras que yo seguía trabajando, por decirme que siempre se puede escribir un poquito aunque estés cansada, por llevarme a conocer la universidad y quererla tanto como tú, por el inicio de la Saga de Ingenieros Carnoto!!!! Te quierooo.

A mi Mama Ara por estar conmigo desde pequeña por todos los cafés que me hiciste para no dormirme, por quererme tanto y por quedarte siempre a mi lado.

A mi compañera de tesis Gabriela Laya, por mostrarme que en las simples cosas se encuentra la felicidad y por aceptar unirme a este hermoso proyecto y además por ser mí mejor amiga, y por mostrarme que la verdadera amistad sí rompe barreras, por hoy, por el mañana y por el futuro que nos espera juntas.

A mi titi, por tu brillantes conocimientos de la arquitectura y paisajismo en este proyecto por desvelarte a mi lado para que las cosas salieran bien, por estar siempre allí aunque a veces no nos veamos, espero que este sea el primero de muchos proyectos juntas.

A mi Tía Elena y a Gabi por ayudarme tanto en la elaboración del modelo, por estar siempre pendientes a mí grito de auxilio, por quererme

tanto y por estar a mi lado!!! Y a ti Gabi te quieroooo un montón!!
(T.L.O.L.D.A.P.T).

A Claudiana, Mariana y a Carito por ser unas grandes amigas y por estar siempre pendiente de mí en este proyecto, y a ti caro por la maravillosa ayuda prestada las quiero muchooo.

A mi tutor de tesis JM Divassón por aceptar involucrarse en este trabajo especial de grado, y por hacer que fuera el primer y más divertido proyecto que he realizado, por sus concejos y apoyo en la elaboración y excelente desempeño.

A mi Ale por ser incondicional conmigo, por darme todo tu apoyo en esta etapa y por quererme como soy.

A la Universidad Católica Andrés Bello por ser mi casa todos estos años, a mis profesores que me han impulsado a este día y a mis compañeros que juntos llegamos al mismo tiempo a cumplir con nuestra meta.

Raquel Carnoto

A Dios por darme la fortaleza que me permitió mantener la esperanza y motivación para continuar en los momentos más agobiantes, a mis hermanos y Mama por apoyarme y aceptar mi ausencia durante la ejecución del proyecto más importante de mi carrera, a mis compañeros de trabajo de los laboratorios de ingeniería de la facultad por colaborar conmigo en todo momento y por enseñarme a mantener una actitud de humildad siempre, a las profesoras Elvira Sabal y Ma Gabriela Rodríguez por apoyarme y motivarme a seguir en mi carrera, a todos los amigos, compañeros y profesores que de alguna manera me ayudaron en la ejecución de este trabajo, a mis amigas Yeniree, Mayra, Mercedes y Kinlay por ser las personas que me escucharon en los momentos de colapso y por darme una palabra de motivación para seguir adelante, un agradecimiento muy especial a mi tutor el Ing. José Miguel Divasson por guiarnos con profesionalismo, tolerancia y paciencia durante toda la investigación, definitivamente un agradecimiento muy especial a mi pana y compañera de tesis y a su familia por el apoyo incondicional que me han brindado siempre, especialmente en la culminación de este trabajo tan importante.

Gabriela Laya

ÍNDICE

ÍNDICE.....	I
ÍNDICE DE TABLAS	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	V
INDICE DE GRAFICOS	VI
ÍNIDE DE ANEXOS	VII
1 SINOPSIS.....	1
2 INTRODUCCIÓN.....	2
3 AGUAS BRAVAS.....	5
3.1 Aguas Bravas Naturales	5
3.2 Clasificación de Ríos	6
3.3 Canales Artificiales de Aguas Bravas en el Mundo	7
3.4 Aguas Bravas en Venezuela.....	9
3.5 Deportes Acuáticos.....	10
3.6 Deportes en Aguas Bravas	10
3.6.1 <i>Hidrospeed</i>	10
3.6.2 <i>Canotaje Slalom</i>	11
3.6.3 <i>Descenso</i>	11
3.6.4 <i>Estilo libre</i>	11
3.6.5 <i>El Rafting</i>	12
3.7 Historia del Rafting	12
3.8 Reglas Importantes.....	13
3.9 Equipo.....	13
3.10 Según sus modalidades	14
4 DISEÑO DEL PROTOTIPO.....	15

4.1.1	<i>Edificio Central:</i>	16
4.1.2	<i>Edificio de Almacenamiento y alquiler de botes:</i>	16
4.1.3	<i>Muelle y Orilla artificial</i>	16
4.2	Descripción actual del Laguito de Fuerte Tiuna	18
4.3	Diseño del Complejo de Aguas Bravas El Laguito	19
4.4	Canal Aguas Bravas:	21
4.5	Canal de Aguas Rápidas	22
4.6	Canal de calentamiento	23
4.7	Sistema de recirculación de agua	24
4.8	Cinta Transportadora y obras complementarias	27
4.9	Construcción del Canal de Aguas Bravas.....	28
5	MODELO FISICO	31
5.1	Similitud Geométrica	32
5.2	Similitud Cinemática	33
5.3	Similitud Dinámica	33
5.4	Análisis dimensional	35
5.4.1	<i>Las cantidades serán en función de Tres Dimensiones:</i>	35
5.4.2	<i>Selección de las variables del Problema:</i>	35
5.4.3	<i>Relación Funcional:</i>	36
5.4.4	<i>Se seleccionan las variables de repetición que contengan las dimensiones del problema:</i>	36
5.4.5	<i>Planteamiento de los Parámetros</i>	36
5.4.6	<i>Resolución del Sistema de Ecuaciones en función de las dimensiones:</i>	37
5.4.7	<i>Relación funcional Adimensional</i>	40
5.5	Selección del tipo de modelo	41

5.6	Escogencia de la escala	41
	Según el estudio de las leyes de similitud y el análisis dimensional, un modelo dominado por Froude deberá tener la siguiente relación de escalas:	42
5.7	Construcción del Micromodelo Físico	43
5.8	Funcionamiento del Micromodelo	46
5.8.1	<i>Tubería de Alimentación</i>	46
5.8.2	<i>Funcionamiento del Medidor de Flujo</i>	47
5.8.3	<i>Medidor del tirante de Agua</i>	49
6	EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS	50
6.1	Experimentación	50
6.1.1	<i>Cálculo de Rugosidad en el Canal de Aguas Bravas</i>	51
6.1.2	<i>Perturbación de fondo en el Canal de Aguas Bravas</i>	52
6.1.3	<i>Disposición de obstáculos en fondo y márgenes</i>	54
6.2	Análisis	55
6.3	Micro Modelo Definitivo	56
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
7.1	Conclusiones:	58
7.2	Recomendaciones:	58
8	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	61
9	REFERENCIAS DE IMAGENES	63
10	ANEXOS	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características Principales de los Canales Anteriores..... 9

Tabla 2: Escalas para modelos sin distorsión para flujos a superficie libre 42

Tabla 3: Calibración del Medidor de Flujo..... 48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Dimensionamiento del Laguito</i>	19
Figura 2: <i>Ubicación de la pista</i>	20
Figura 3: <i>Descarga del Prototipo</i>	25
Figura 4: <i>Descarga, White Water Zoetermeer Holanda</i>	25
Figura 5: <i>Estación de Bombeo para Recirculación</i>	26
Figura 6: <i>Puentes y Cinta Transportadora</i>	28
Figura 7: <i>Recorrido en ambos Canales</i>	29
Figura 8: <i>Condiciones de Flujo con elementos transversales</i>	53
Figura 9: <i>Balsa Neumática a Escala 1:100</i>	55

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1: Curva de de Calibración 48

Gráfico 2: Calibración del Remanso 52

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Reglas de Federación Internacional de Rafting.....i

ANEXO 2: Entrevista # 1 ii

ANEXO 3: Entrevista # 2 iii

ANEXO 4: *Entrevista # 3* iv

ANEXO 5: Entrevista # 4 v

ANEXO 6: Entrevista # 5 vi

ANEXO 7: Lugar De Emplazamiento, Topografía Original Y Modificada vii

ANEXO 8: Complejo de Aguas Bravas viii

ANEXO 9: Secciones de los Canales ix

ANEXO 10: Saywite Stone x

ANEXO 11: La Turbulencia del Agua por Leonardo da Vinci..... xi

ANEXO 12: La Turbulencia del Agua por Leonardo da Vinci..... xii

ANEXO 13: Tubería de Alimentación del Micromodelo Hidráulico..... xiii

ANEXO 14: Cálculo de las Pérdidas de la tubería de Alimentación..... xiv

ANEXO 15: Cálculo de la Rugosidad del Canal de Aguas Bravas xv

ANEXO 16: Obstáculos Transversales xvi

ANEXO 17: Micro modelo Definitivo (Fuente: Elaboración Propia)..... xvii

1 SINOPSIS

El diseño de una pista artificial de Rafting y Canotaje supone la conjunción de criterios muy diversos donde se integran aspectos altamente técnicos en el área hidráulica con aspectos arquitectónicos de emplazamiento, disposición y movilidad que permiten reproducir la grandeza de la naturaleza en un espacio urbano sin que ello implique una transformación impropia al ambiente del lugar de implantación.

El presente Trabajo Especial de Grado propone el diseño de una pista artificial para la práctica de deportes como el Rafting y el Canotaje, en un lago ubicado en la ciudad de Caracas y generar un modelo físico tridimensional que permita identificar las bondades del modelo planteado, la complejidad deportiva de su trayecto y el reconocimiento de espacios que deben ser analizados en mayor detalle para lograr la máxima eficiencia hidráulica en una pista de mínimo de riesgo.

El desarrollo del modelo físico se inicia con la identificación del problema y el establecimiento de sus condiciones de contorno, la búsqueda de un espacio urbano adecuado para su construcción, el diseño teórico de sus componentes principales y la construcción propiamente dicha del modelo para, finalmente, observar y analizar el efecto logrado.

El micro modelo de la pista artificial para Rafting se concibe con la idea que éste permita evaluar cualitativamente las dificultades que se pueden presentar a lo largo de todo el recorrido y, por ende, con dimensiones tales que facilite la percepción de las singularidades más sobresalientes sin perder de vista el marco espacial e hidráulico que impone la edificación donde se efectúan los ensayos: el Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB).

El proyecto de pistas artificiales para la práctica deportiva es muy interesante desde el punto de vista de ingeniería en general, y en el área hidráulica en particular, debido a que existe una alteración total del paisaje al modificar las condiciones topográficas e hidráulicas de un espacio cualquiera en otro, apto para el desarrollo del Rafting, con condiciones de caudal, velocidad y desnivel totalmente artificiales y controladas para que, en forma segura, sea posible su desarrollo.

2 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el estrés ocasionado por las actividades cotidianas agobian a los habitantes de todas las ciudades del mundo es por ello que se hace imprescindible la búsqueda de actividades deportivas, recreativas, académicas y tecnológicas que permitan aligerar esta carga y mantener la armonía de existir, en la actualidad.

Son cada vez más comunes las herramientas tecnológicas que nos permiten mantenernos comunicados pero a la vez distanciados, en algunos casos esto resulta ser muy útil pero en otros no tanto, en Caracas y otras ciudades congestionadas, cualquier propuesta innovadora en cuanto a sana recreación se torna atractiva, esta es una de las razones que nos motiva a realizar la investigación que los ocupara en las próximas hojas, investigar el comportamiento de fenómenos hidráulicos a través de un modelo físico tridimensional que simule el comportamiento de un espacio natural como un río, se concibe como una idea innovadora tanto para la ingeniería como para la sociedad en general, ya que el impacto que generaría su investigación y ejecución sería realmente interesante en el área de ingeniería, deportiva y recreativa.

El rafting es una actividad que se realiza con los amigos, o la familia; en un entorno natural que propicia un espacio de diversión, generando en los que los practican el instinto para superar los retos que se presentan río abajo.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo del presente trabajo especial de grado es simular a través de un modelo físico tridimensional una pista artificial para la práctica de deportes como el Rafting y Canotaje en un lago artificial ubicado dentro de las instalaciones del Círculo Militar, en Caracas; que permita el diseño de todos sus componentes y la observación preliminar de su comportamiento hidráulico y complejidad deportiva.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Conocer los requerimientos mínimos para que deportes como el rafting, canotaje, hidrospeed u otro, se puedan realizar en la pista simulada.
2. Evaluar las áreas disponibles en el Círculo Militar para la implantación del canal artificial en las proximidades de la laguna allí existente.

3. Definir y Dimensionar el canal artificial adecuado para el desarrollo del Rafting así como todos los elementos hidráulicos y físicos necesarios para su operación.
4. Escoger las variables hidráulicas a simular y la escala del modelo físico.
5. Determinar la ubicación, materiales y equipos requeridos para el canal del modelo físico tridimensional.
6. Seleccionar elementos y materiales innovadores para la generación de resaltos hidráulicos a lo largo de la pista artificial.

Como se explicara más adelante existen diversos métodos de modelación hidráulica, que se subdivide en modelación matemática y la modelación física, en la cual la diferencia fundamental es que, en los modelos matemáticos las condiciones establecidas son idealizadas y en la modelación física se puede simular lo que realmente ocurre y entre los dos generar las herramientas para lograr resultados, recomendaciones y soluciones eficientes en la modelación hidráulica.

Es importante destacar que existen algunas variables cuyo efecto ha sido despreciado porque su estudio particular escapa del alcance de esta tesis.

El presente trabajo ha sido estructurado en los siguientes capítulos:

Aguas bravas: En este capítulo se describe la concepción natural y artificial de los canales de Aguas Bravas; especificando sus orígenes, características y clasificación, mostrando algunos ejemplos de las más conocidas a nivel mundial; así como los deportes ejecutados en él, los equipos necesarios para su actividad, y una breve descripción de la disciplina internacional más conocida como lo es el rafting haciendo referencia a lo que establece el reglamento internacional, y planteando las razones por las cuales es el deporte que definirá el diseño del modelo físico.

Diseño del prototipo: en este capítulo se establecen los parámetros de diseño en concordancia con el deporte seleccionado en la sección anterior y lo que establece su reglamento internacional de competición; se describen las características que debe contener un complejo de aguas bravas, analizando de manera particular cada elemento y su ubicación en el espacio, se realiza un estudio preliminar de los posibles sitios de emplazamiento justificando la escogencia del mismo, luego se realiza y describe con detalle el diseño del prototipo a implementar, sus componentes y funcionamiento.

Modelo Físico: se desarrolla el origen de los modelos físicos, donde se establecen las relaciones de similitud recomendadas por algunos especialistas, se realiza el estudio del análisis dimensional para establecer las variables que definirán la modelación que permitan la selección del número y las relaciones funcionales que definen el modelo como tal, luego se explica la escogencia de la escala y su evaluación para la construcción del mismo, se describe el proceso de construcción y funcionamiento desde la complejidad de un estudio académico hasta la simplicidad de la instalación de un sistema de tuberías de alimentación, se describen los instrumentos y equipos de medición a utilizar.

Experimentación y análisis: en este se describen las mediciones de caudal y tirante de agua para luego inferir la rugosidad y velocidades.

Micromodelo definitivo: En todos los sectores del canal de aguas bravas, se describen las configuraciones de obstáculos divididas en tramos o módulos para realizar un análisis más específico de estos, tomando en consideración las velocidades, turbulencias y nivel de riesgo en cada uno de ellos, se describe desde el punto de vista de un atleta haciendo una conjugación de su lenguaje coloquial usado por ellos con el hidráulico correspondiente.

Conclusiones y recomendaciones: Se resume el resultado del trabajo, haciendo énfasis en el aporte de la metodología empleada, se señalan, así mismo las posibles mejoras y adaptaciones.

3 AGUAS BRAVAS

Las elevaciones naturales de la superficie terrestre originadas por la fricción en las placas de la corteza, dan paso a estructuras cuya altura destaca sobre los terrenos, estas son conocidas como montañas. Gracias a su altitud modifican las condiciones climatológicas locales y regionales provocando descensos de temperatura y aumento de las precipitaciones que escurren por gravedad sobre la superficie terrestre y dan paso a la formación de ríos.

Las aguas bravas se generan cuando los ríos de alta pendiente (torrentes) incrementan su gasto medio y debido a la presencia de múltiples obstáculos y piedras, se generan flujos turbulentos en su



superficie donde se aprecia la formación de olas, remolinos, remansos y, especialmente espumas, que le otorgan un color especial y le dan nombre.

3.1 Aguas Bravas Naturales

Existen una variedad de ríos en el mundo, que cumplen con los requerimientos para realizar actividades deportivas y recreativas en aguas bravas, algunos ejemplos son:

El río Quijos en el Ecuador, es uno de los ríos más espectaculares de sur América porque posee impresionantes paisajes naturales y un recorrido de 44,5 Km; en este se realiza la práctica de kayak y rafting, a nivel internacional se desarrolló un campeonato mundial en Octubre del 2005.

Rio Franklin, Australia; se encuentra en el corazón de la Vida Silvestre de Tasmania Patrimonio de la Humanidad, cuenta con un recorrido de 125 kilómetros y una gran vegetación que se observa al realizar deportes de aventura.

El río Siniguis, Venezuela; nos permite un descenso de 3 a 4 horas, el color esmeralda de sus aguas, sus continuos rápidos y una exuberante vegetación, lo convierten en el mejor río para hacer rafting en Venezuela. Los meses entre junio y diciembre son los mejores para practicarlo ya que coinciden con la temporada de lluvias.

3.2 Clasificación de Ríos

Los ríos son clasificados de formas subjetivas ya que las características que se pueden cuantificar en estos son el caudal, profundidad y recorrido; mientras que las turbulencias, y obstáculos son descritos de forma visual; esta clasificación ha sido establecida por la organización American Whitewater, (1950), quien es la encargada de conservar y restaurar los cursos de agua de los ríos en Estados Unidos. La subjetividad que caracteriza a esta escala se plasma en el hecho que un mismo curso de agua puede variar de grado de dificultad de acuerdo a la época del año, el volumen aliviado por los embalses y la opinión de los evaluadores en general y de los deportistas en particular.

- a. **Clase I** (Fácil): Corriente rápida con ondulaciones y olas pequeñas. Pocos obstáculos, obvios y fácilmente superables. El riesgo para los nadadores es bajo y es posible el auto-rescate.
- b. **Clase II** (Principiante): Rápidos directos con canales anchos y claros que son evidentes sin necesidad de exploración previa. Se requieren maniobras ocasionales, pero las rocas y olas de tamaño mediano son fácilmente superadas por guías entrenados. El peligro para los nadadores es escaso y rara vez requieren de la ayuda del grupo.
- c. **Clase III** (Intermedio): Rápidos con olas moderadas e irregulares que pueden ser difíciles de evitar y que pueden hundir una canoa abierta. Corrientes rápidas que exigen maniobras complejas y control preciso de la embarcación por parte del guía. Olas grandes fáciles de evadir. Para los inexpertos es recomendable la exploración previa. Las lesiones a los nadadores son raras y el auto rescate es fácil, pero puede requerir asistencia del grupo para evitar largas nadadas.
- d. **Clase IV** (Avanzado): Rápidos fuertes, poderosos pero predecibles que requieren control preciso de la embarcación. Dependiendo de las características del río, pueden presentar olas grandes y hoyos inevitables que demandan maniobras rápidas y bajo presión. A veces obligan a realizar salidas rápidas a los remolinos para reiniciar maniobras, explorar los rápidos o descansar. La exploración es necesaria la primera vez. El riesgo de lesiones a los nadadores es de moderada a alta y las condiciones del agua hacen el auto rescate muy difícil. La asistencia del grupo es necesaria y requiere habilidades previamente desarrolladas.
- e. **Clase V** (Experto): Rápidos extremadamente largos, violentos y sin obstrucciones, con un alto nivel de riesgo de accidentalidad para los navegantes. Las bajadas pueden contener olas y hoyos grandes e

inevitables, caídas empinadas con rutas exigentes y complejas. Los rápidos pueden tener largas distancias entre remansos requiriendo un alto rendimiento físico. La exploración es obligatoria pero a veces difícil. Nadar es peligroso y el rescate muy difícil aún para expertos.

- f. **Clase VI (Extremo):** Esta clase ejemplifica los extremos de dificultad, impredecibilidad y peligro. Las consecuencias de los errores son muy severas y el rescate puede ser imposible, solo para equipos expertos y tomando todas las precauciones, no representa bajadas imposibles, pero se hacen solo ocasionalmente.

La lejanía de cursos de aguas con características adecuadas para la práctica de deportes acuáticos extremos, la interrelación que éstos tienen con las condiciones climáticas de la región donde se emplazan y su no permanencia en el tiempo, han llevado al hombre a reproducir artificialmente este comportamiento natural mediante la aplicación de conocimientos y técnicas de tal forma que permita el desarrollo de estas actividades, expanda su práctica a una población cada vez mayor y minimice el impacto ambiental que ello pudiera tener en los cursos naturales.

3.3 Canales Artificiales de Aguas Bravas en el Mundo

En el mundo existe una gran variedad de canales artificiales de aguas bravas construidos con distintos fines.

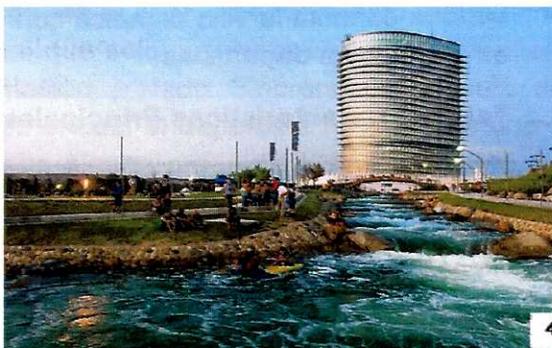
Un caso curioso ocurre en *Brasil*, país en el cual se construyó un canal artificial que comunica la Represa Hidroeléctrica de Itaipú con la parte baja del río Paraná, permite que los peces salven el obstáculo que representa esta obra de ingeniería para su reproducción aguas abajo. Posteriormente el canal se comenzó a usar para la práctica de deportes acuáticos (Schleder, 2007), hasta permitir que sus escenarios fueran propicios para la competición y clasificatorios de juegos olímpicos, convirtiéndose en uno de los primeros países en impulsar el entrenamiento para el deporte en Suramérica.





Otro ejemplo es el canal de aguas bravas de Schinias construido especialmente para los juegos olímpicos de Atenas 2004; su diseño y construcción fue realizado por un deportista olímpico muy exitoso, este canal tiene un recorrido en forma de ocho, que entrelazan puentes para paso de peatones con áreas acondicionadas para recreación y comodidad de los observadores; el régimen hidráulico generado a lo largo de toda la pista es llamativo ya que combina las turbulencias del agua con un sentido estético que garantiza a los espectadores y deportistas un espacio cómodo y agradable.

Según Martínez, (2008), un caso muy conocido es el canal de Zaragoza, *España.*, este canal fue diseñado siguiendo las especificaciones de la Federación Internacional de Canotaje, que según las condiciones hidrológicas, hidráulicas y morfológicas de la región, permite altas corrientes de agua, áreas de turbulencia, contracorrientes entre otros. La longitud del canal es de 314 metros y presenta un desnivel de 6 metros con pendientes de la superficie del 1,9% que permite la práctica de varias modalidades como lo son el Rafting, el canotaje y el Hidrospeed.



En *Australia* se construyó una pista de aguas bravas para los juegos olímpicos de Sydney del 2000 llamada Penrith Whitewater, según Hydrostadium (2001) (empresa consultora que ha realizado el diseño de algunos Canales Artificiales de Aguas Bravas), esta pista fue el escenario de los primeros juegos olímpicos en la modalidad de Canotaje Slalom, su recorrido tiene forma de herradura, posee una isla central de amplio espacio que permite la ubicación del jurado a lo largo del trayecto, así como la presencia de gradas escalonadas alrededor de todo el

canal que permite a los espectadores una vista panorámica de los eventos realizados.

Hydrostadium, (2001) expresa que el Parque Olímpico de Remo y Canotaje de Shunyi en China, se destaca por sus dimensiones y gran cobertura forestal; diseñado para celebrar los juegos olímpicos de Beijing del 2008, único en el mundo por poseer en sus instalaciones un canal de aguas bravas y uno de aguas tranquilas lo



que les permite a deportistas y visitantes desarrollar cualquiera de las diferentes modalidades en cada canal. Tiene una capacidad de 26000 espectadores, una vía que conecta la villa olímpica con el parque acuático para mayor comodidad en traslado de deportistas.

Tabla 1: Características Principales de los Canales Anteriores

Lugar	Longitud (m)	Desnivel (m)	Caudal (m ³ /s)	Ancho (m)	Y (m)	Pendiente (%)
<i>Atenas, Grecia</i>	270	6,0	17,5	12	1,9	1 a 2
<i>Itaipú, Brasil</i>	403	7,2	5 a 12	8,3	1,4	1,7
<i>Pekín, China</i>	280	5,8	17,5	10	1,2	2,1
<i>Sydney, Australia</i>	320	5,5	14,0	8 a 14	0,8 a 1,2	1,2
<i>Zaragoza, España</i>	314	6,0	12,0	8	1,2	1,9
Promedios	317	6,1	13,9	10	1,34	1,6

Fuente: Elaboración propia

3.4 Aguas Bravas en Venezuela

En Venezuela no existe ningún canal artificial que cumpla con las características de un curso de aguas bravas como los mostrados anteriormente, es por esta razón que los atletas y aficionados a la adrenalina, se trasladan a distintas partes del país en busca de áreas montañosas con ríos caudalosos que conformen el escenario de entrenamiento y entretenimiento que necesitan; de esta necesidad se deriva la propuesta de trasladar las aguas bravas al entorno urbano, esta idea se torna interesante y atractiva, porque generaría un

espacio como ninguno en la ciudad, que permitiese el desarrollo del deporte y la recreación de una manera totalmente innovadora, con características distintas a las que comúnmente poseen los espacios recreativos y deportivos de la ciudad de Caracas, con la implantación de un complejo deportivo de aguas bravas, la capital contaría con un espacio que permitiría la práctica de uno de los deportes de aventura en agua más conocido en el mundo, como lo es el *Rafting*, y en definitiva un lugar que daría grandes avances al desarrollo del deporte, porque incorporaría competencias de categoría olímpica como lo es el canotaje slalom entre otros.

3.5 Deportes Acuáticos

Según Welles, P y Woods, A., (1992), los deportes acuáticos son aquellos en los que el deportista realiza una actividad física en el agua, estos se pueden clasificar en dos (2) grupos; uno, en el cual el deportista no requiere de elementos para realizar maniobras, sino que solo con su cuerpo puede realizar el deporte como es el caso de Natación, Nado Sincronizado, Saltos de Plataforma y Trampolín, etc; y otro, en el cual el deportista requiere de uno o más elementos para poder llevar a cabo alguna modalidad, tal es el caso del Waterpolo, Remo, Canotaje Slalom, Rafting, Vela, Surf entre otros.

3.6 Deportes en Aguas Bravas

Son aquellos que se desarrollan en una corriente turbulenta y que requieren algún elemento o embarcación para su práctica, entre ellos: *Hidrospeed, Canotaje Slalom, Descenso, Estilo Libre y Rafting.*

Cada uno de los deportes antes mencionados requieren un diseño específico de canal para su ejecución, y por ello es importante conocer las características de cada deporte.

3.6.1 Hidrospeed

Esta actividad consiste en el descenso en aguas bravas usando un hidrotineo, siendo este el vehículo que le permite viajar con la corriente protegiéndolo y manteniéndolo a flote, no es un deporte que requiere entrenamiento, ni un conocimiento profundo de sus características, pero puede realizarse acompañado de un guía experimentado; es un deporte que necesita



concentración y estar familiarizado con la trayectoria del río y con los obstáculos que en él existan, ya que en todo momento se puede poner en riesgo la seguridad de la persona (Enciclopedia de Deportes de Aventura, 2004).

Su nacimiento parte de un grupo de aventureros que realizaban peligrosos descensos por los canales de deshielo de los glaciares alpinos y hoy se han extrapolado a los ríos de aguas bravas. Los orígenes de esta curiosa técnica se remontan a mediados de 1980, en Francia.

3.6.2 Canotaje Slalom

Actualmente son muchos los deportes y actividades que se inician por diversión o por la necesidad del hombre de salir de la cotidianidad, el slalom empezó de esa forma y ahora es una modalidad olímpica individual o en parejas de gran exigencia mundial; que consiste en recorrer en el menor tiempo posible una longitud de entre 250 a 400 metros, cruzando una serie de puertas (portales que indican la dirección por la que deben pasar los deportistas a través de ellas), en sentido de la corriente (puertas de color verde) y otras en sentido opuesto (puertas de color rojo), debiendo superar los obstáculos existentes en todo el recorrido del canal de aguas bravas sobre un bote denominado canoa o kayak, (Welles, P y Woods, A., 1992).



3.6.3 Descenso

El descenso en aguas bravas consiste en realizar en el mejor tiempo posible el recorrido del canal a favor de la corriente usando como vehículo un kayak o canoa para uso individual y en parejas para las canoas.

3.6.4 Estilo libre

Con la aparición de estos deportes sobre los canales de aguas bravas, también surgió el Estilo libre que muestra una gran variedad de acrobacias o figuras a desarrollarse a través de las olas generadas por los ríos turbulentos y caudalosos; dando paso a las primeras competencias de estilo libre sobre ríos de aguas bravas en los que cada participante dispondrá de 45 segundos para realizarla sobre



su kayak o canoa.

3.6.5 El Rafting

Es el descenso de ríos de aguas turbulentas sobre una balsa neumática, dependiendo del tamaño de la embarcación se necesitan entre 4 a 12 personas para llevar a cabo esta actividad; la balsa es arrastrada por la corriente mientras sus tripulantes la dirigen mediante palas y estos se trasladan esquivando los obstáculos que se presentan durante el trayecto.

Una vez conocidos los deportes que se practican en aguas bravas, y la clasificación de los ríos, se decidió seleccionar el Rafting como deporte determinante para el diseño del modelo físico, ya que esta modalidad deportiva reúne las características que requieren otros deportes de categoría olímpica, como Canotaje Slalom, por ejemplo; por esta razón es importante conocer su origen y las reglas que lo limitan, para realizar un diseño adecuado y en armonía con las demás modalidades ejecutadas en aguas bravas.

3.7 Historia del Rafting

No se conoce con exactitud una fecha exacta de inicio pero, existen algunas hipótesis que aseguran identificar sus orígenes, todas estas cuentan con un grado de veracidad en sus fundamentos:

La primera hipótesis afirma que el rafting es producto de los exploradores, cazadores y pescadores que descendían en pequeños botes por las pendientes acuáticas.

Otra hipótesis, un poco más legendaria, nos traslada a las antiguas embarcaciones de troncos de madera atados entre sí con cuerdas en las que una persona se deja deslizar río abajo.

Si se considera como antecedente histórico a cualquier forma en que se pudiera avanzar sobre ríos turbulentos y con gran inclinación, entonces esta actividad es uno de los primeros medios de transporte que se utilizaron para transportar personas, alimentos y para cazar.



10

La primera expedición de rafting se le acredita al Teniente John Fremont del Ejército de los EE.UU en el año 1842, cuando realizó una expedición por el River Platte.

Durante la segunda guerra mundial se usaron botes neumáticos para realizar ataques sorpresa en el océano, que luego se comenzaron a utilizar en los ríos rápidos para recrearse en el tiempo libre.

La popularidad del rafting llegó a partir de 1950 y debido a las cualidades de algunos ríos: gran caudal, fuertes desniveles y obstáculos, obligaron a usar otro tipo de embarcación, que permitiese descensos más prolongados y seguros, con la finalidad de preservar la integridad física de la tripulación. Desde entonces comenzaron a innovar en el diseño de los botes hasta lograr los que se usan hoy en día.

Debido a este auge surgieron las primeras competencias internacionales que dominaron en un comienzo los participantes europeos y se espera que en años venideros formen parte de los juegos olímpicos.

3.8 Reglas Importantes

La Federación Internacional de Rafting es una organización no gubernamental y sin fines de lucro, cuyos objetivos son fomentar el deporte a través del turismo; organizar los campeonatos mundiales de rafting, establecer el reglamento internacional de competición para canales artificiales y ríos, y para su ejecución en general. Importante información relativa a parámetros de diseño requeridos para que un canal artificial se adapte a la práctica de este deporte ha sido extraída de esta fuente, (ver anexo 1).

Según los estudios de Welles, P y Woods, A., (1992), un canal diseñado para el ejercicio del Rafting y cualquier otro deporte en aguas bravas, la velocidad mínima del flujo del agua es de 2 m/s, y la profundidad mínima de 0,40 metros para campeonatos mundiales.

3.9 Equipo

El equipo usado para la práctica del rafting consta de una balsa neumática de ancho mínimo 1,70 para 4 participantes y de 2,00 metros para 6; siendo esta la capacidad máxima permitida en competición, en el rafting recreativo esta capacidad podría aumentar hasta un número de 12 personas; en cuanto a su longitud mínima se tendrá que para el uso de 4 personas debe ser 3,65 metros y 4,25 metros para 6; además de un peso mínimo por deportista de 40 y 50 kilogramos



respectivamente. Cada participante debe estar equipado por los siguientes elementos: casco, un traje de neopreno, una pala para dirigir la embarcación, chaleco salvavidas y zapatos de neopreno, para garantizar su integridad física en caso de volcamiento o accidente.

3.10 Según sus modalidades

Para la práctica del Rafting en competición se crearon 4 modalidades especificadas en las normas de la Federación Internacional de Rafting:

a. **Sprint** es la primera clasificación en competencia de los equipos de rafting, en el que cada equipo debe descender río abajo en el menor tiempo posible sorteando de manera efectiva los obstáculos que se encuentran durante el recorrido.

b. **Cara a cara** segunda competencia de clasificación en el que el grupo de mejores tiempos en el *sprint* compiten entre dos equipos, uno al lado del otro, estableciendo una carrera de velocidad.

c. **Slalom** En la modalidad de Slalom las reglas establecen que el equipo deberá pasar un número mínimo de 8 puertas y un máximo de 14 puertas en el



sentido de la corriente identificadas por los colores verde y blanco, y al menos de 2 a 6 en contra de la corriente de colores rojo y blanco distribuidas por igual en el ancho del canal; estas deberán ser superadas en el menor tiempo posible. El ancho mínimo de las puertas debe ser 2,50 metros; y deben colgar de forma tal que la distancia entre el nivel del agua y la puerta sea de

0,50 metros a 1 metro; el recorrido en competencia debe ser de 250 metros a 400 metros y el ancho debe permitir el paso holgado de por lo menos 2 balsas a la vez.

d. **Descenso** La carrera río abajo es la más exigente de todas las disciplinas por su largo recorrido y por lo tanto de más alto puntaje en competencia, esta consiste en realizar una carrera de velocidad entre varios equipos, desde 4 a 8 balsas dependiendo de la anchura del canal para permitir la salida de las embarcaciones en simultaneo, y ganara el equipo que logre desplazarse por el trayecto delimitado en el menor tiempo.



4 DISEÑO DEL PROTOTIPO

El diseño de cualquier obra de ingeniería requiere el establecimiento de parámetros y criterios de diseño que establezcan un marco de referencia para el dimensionamiento de todos los componentes de dicha edificación deportiva.

El estudio de los distintos tipos de deportes acuáticos que se pueden realizar en este tipo de pistas artificiales permitió observar que el Rafting es, dentro de este grupo, la disciplina limitante en el diseño del prototipo, debido a que sus características engloban los parámetros de ejecución de todos los deportes desarrollados en un canal de aguas bravas.

Así, se diseñará un canal artificial y su entorno en función de las necesidades establecidas por el reglamento internacional para la ejecución del Rafting para deportistas y usuarios en general. Para ello, se evaluarán algunos posibles sitios de implantación para el proyecto de manera que se acople a las especificaciones para la construcción del complejo deportivo de aguas bravas.

Debido a que un canal de aguas bravas no sólo incorpora parámetros físicos mínimos sino que, igualmente debe incorporar algunos elementos de complejidad deportiva basados en corrientes, oleaje y, en general parámetros de navegación subjetivos, se aplicaran una serie de entrevistas a un selecto grupo de atletas venezolanos que practican diferentes modalidades en aguas bravas, para así complementar y conjugar con información teórica, sus experiencias y opiniones en cuanto a las exigencias desde la visión de un deportista, (ver anexo 2 - 6).

Características del Canal de Aguas Bravas:

El canal de aguas bravas se diseñará para niveles de competición y La Federación Internacional de Rafting establece una serie de componentes básicos desde el punto de vista deportivo, que deben ser complementadas, a juicio de deportistas, expertos y en experiencias pasadas, con edificaciones y otros elementos que conlleven a un complejo deportivo ideal para la preparación, aprendizaje y, finalmente, la competencia de alto nivel.

Entre los elementos eminentemente deportivos podemos citar:

- a. Área de calentamiento aguas abajo del canal.
- b. Área de aproximación para el inicio del recorrido aguas arriba.
- c. Longitud necesaria para el recorrido especificada en las reglas de la Federación Internacional de Rafting.

- d. Canal de aguas bravas propiamente dicho con una longitud mínima de recorrido.
- e. Obstáculos artificiales móviles (o fijos) constituidos de perfiles metálicos, tablonces de madera, de rocas de río o de plástico.
- f. **Sistemas de anclaje para "puertas" a ambos lados del canal para competencias de slalom.**

Entre los espacios denominados "esenciales" desde el punto de vista de atención al deportista y otros usuarios podemos nombrar las edificaciones de apoyo al atleta y los elementos de enlace. Entre ellos se pueden mencionar:

4.1.1 Edificio Central:

El edificio principal del Complejo Deportivo se propone que contenga espacios para el alojamiento de organizaciones deportivas relacionadas, áreas de asistencia médica, gimnasio, auditorio para conferencias, baños públicos y para los deportistas y otras áreas comerciales y de servicio tales como mini tiendas y cafés.

4.1.2 Edificio de Almacenamiento y alquiler de botes:

Para el almacenamiento, alquiler y reparación o mantenimiento de los botes para la práctica de Rafting u otro deporte en aguas bravas, es necesario contar con un edificio que, por su contenido, debería estar ubicado en las cercanías del muelle para facilitar el ingreso y la extracción de las naves, aunque podría estar incluido en el Edificio Central.

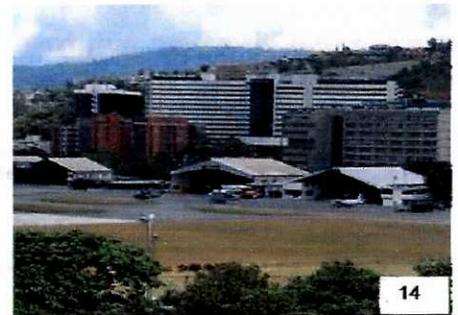
4.1.3 Muelle y Orilla artificial

Para el acceso de los usuarios a la pista se necesita un muelle o una orilla artificial, estructura que les permitirá a los usuarios la entrada a la pista para el disfrute de todo su recorrido.

Una vez conocidos los requerimientos mínimos necesarios para la construcción de un Canal de Aguas Bravas, se debe ubicar un lugar que permita la construcción del complejo de aguas bravas, por lo que es necesario un espacio amplio en el cual se ocasione el menor impacto ambiental, cercano al área metropolitana de Caracas, de fácil acceso y que permita el desarrollo recreativo y deportivo de la región.

Posibles sitios de Implantación

La *Base Aérea Generalísimo Francisco de Miranda* usualmente conocida como "*La Carlota*", es un espacio ideal por poseer una gran extensión de tierra, ser de fácil acceso por su ubicación, y con características adecuadas para la implantación del prototipo. Esta opción se torna poco atractiva desde el punto de vista económico y ambiental, ya que representaría alterar absolutamente las condiciones originales del terreno y no se prevé su desarrollo a corto plazo como área recreativa de la ciudad.

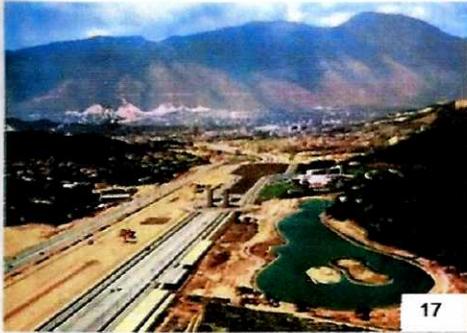


El segundo lugar evaluado fue el *Parque "Francisco Miranda"*, o "*Parque del Este*", ubicado en la Av. Francisco de Miranda entre las urbanizaciones La Floresta y Santa Cecilia. En este Parque, los usuarios encuentran un espacio de entretenimiento con una gran variedad de especies vegetales y animales además de contar con

caminerías y un lago artificial con botes a pedales. Sus condiciones físicas permitirían el emplazamiento de un canal de aguas bravas pero, la carencia de agua para generar las corrientes necesarias implicaría la necesidad de grandes movimientos de tierra y la conducción de agua de lugares relativamente cercanos.

El *Embalse de la Mariposa*, localizado en la parte alta de la cuenca del río Valle, municipio Los Salías del estado Miranda cuenta con volumen de agua suficiente para la instalación de un Canal de Aguas Bravas pero carece de espacios suficientes para la construcción de las obras complementarias necesarias así como la lejanía y la limitada oferta de transporte público.





Como cuarta opción, se estudio el *Laguito del Fuerte Tiuna*, ubicado dentro de las instalaciones del Círculo Militar en Caracas, este posee un gran volumen de agua reutilizable, amplias dimensiones y un entorno apto para el diseño de un complejo deportivo de aguas bravas, por lo que se podrían aprovechar los recursos existentes optimizándolos para generar el

menor impacto ambiental y económico.

De las opciones planteadas, esta ubicación cuenta con ventajas comparativas que lo hacen la mejor de las opciones evaluadas; entre ellas:

- a. Es, a la fecha, sitio de reunión de deportistas que disfrutan el canotaje y otras actividades acuáticas relacionadas.
- b. Cuenta con accesos viales que permiten el ingreso de grupos familiares y deportistas que hacen de este espacio un área de recreación y esparcimiento.
- c. Cuenta con un volumen de agua que, a primera vista pareciera suficiente para instalar un Canal de aguas Bravas sin alterar el ecosistema existente.
- d. El área total del laguito podría ser dividida en dos áreas menores de tal forma que no se altere el uso actual del mismo y acoja las actividades previstas en esta propuesta.
- e. La topografía del terreno, en su extremo sur oeste, puede acoger movimientos de tierra que logren el desnivel deseado para el canal de aguas bravas con poco o ningún efecto en el entorno.

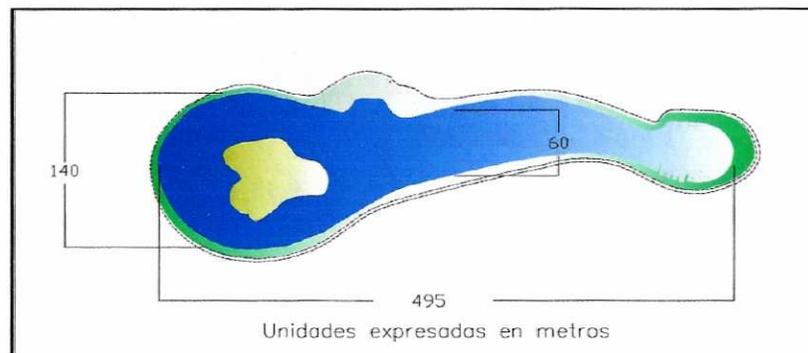
4.2 Descripción actual del Laguito de Fuerte Tiuna

El área total recreativa que conforma el espacio denominado Laguito de Fuerte Tiuna es de aproximadamente 207.200 m², de los cuales unos 33.600 m² constituyen el lago artificial de forma orgánica que se encuentra al sur-oeste del lote, (ver Anexo 7).

El lago, propiamente dicho, cuenta con una longitud máxima de 495 metros de largo y un ancho promedio de unos 50 metros con una amplitud máxima que alcanza los 140 metros, (ver figura 1). La profundidad es, hasta la fecha, una incógnita puesto que se comentan valores que oscilan entre un mínimo de 1 metros hasta un máximo de 9 con una media que, según los

usuarios más frecuentes del lago con fines de navegación deportiva no es menor a 3 metros. De acuerdo entonces con este último valor el laguito cuenta con un volumen que excede los 100.000 metros cúbicos de agua en forma permanente.

En el interior del lago viven varias especies animales entre las que destacan: cachamas, pavones y tortugas, entre otras. Igualmente el laguito cuenta con una isla en su extremo Sur-Oeste donde hacen vida especies vegetales y una gran variedad de especies de aves. El lago está bordeado de un área verde (ver figura 1) en la que habitan otras especies animales como patos y gansos, el perímetro del lago es cercano a los 1500 metros, bordeado por una caminería de concreto que actúa de elemento de separación entre el lago y su entorno y facilita el acceso hacia otras instalaciones allí presentes, tales como: estructura de almacén de botes, edificio de organización deportiva, gimnasio, fuente de soda y área de estacionamiento.



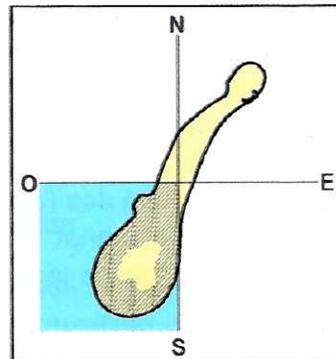
Fuente: Elaboración Propia

Figura 1: Dimensionamiento del Laguito

4.3 Diseño del Complejo de Aguas Bravas El Laguito

El análisis de la conformación actual del laguito hace evidente que el mejor sitio para la implantación del canal de aguas rápidas es el extremo sur oeste de éste (ver figura 2), ya que permite instalar un canal de aguas bravas adoptando la forma actual del lago, mantener intactas las otras áreas de esparcimiento y conservar la mayor parte de la vida vegetal y animal que allí existe. El mayor impacto se generará en la isla, puesto que debe ser reubicada altimétricamente aunque, al culminar los trabajos, será realizada puesto que tendrá un área mayor y podrá ser integrada como áreas de disfrute del complejo deportivo y recreacional.

El Complejo de Aguas Bravas (ver anexo 8) con el fin de minimizar la afectación general del espacio y minimizar los costos de construcción, adopta la forma de herradura en el trazado de sus canales e implanta el edificio principal en una isla que recuerda y realza la existente y la incluye como parte activa en las competencias, como área de esparcimiento y es pieza fundamental en el programa del complejo en general.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2: Ubicación de la pista

El Complejo, ha sido conceptualmente definido como un elemento compuesto por los siguientes elementos:

1. *Canal de Aguas Bravas:* para el desarrollo de competencias de Rafting
2. *Canal de Aguas Rápidas:* para el disfrute y la recreación de todos y para el aprendizaje y calentamiento de futuros deportistas.
3. *Canal de Calentamiento:* con el fin de lograr la preparación de los deportistas y, por su baja turbulencia, para el disfrute de todas las personas que den sus primeros pasos en cualquiera de las categorías del piragüismo.
4. *Cinta Transportadora:* permite salvar el desnivel entre el canal de calentamiento con el inicio de los canales de aguas rápidas y bravas.
5. *Sistema de recirculación de las aguas:* aunque no forma parte de las obras usualmente visibles de todo complejo, este sistema es el que permitirá el movimiento continuo de las aguas dentro del complejo.
6. *Los sistemas arquitectónicos y de apoyo descritos anteriormente;* tales como edificio principal, de almacenamiento de botes, muelle y otros no han sido desarrollados por encontrarse fuera del alcance de este trabajo. En el anexo 8 y las imágenes que a continuación se muestran se podrá observar el área sugerida para su implantación de tal forme de permitir un máximo

aprovechamiento del espacio así como para lograr el mejor efecto visual de las estructuras dentro del Complejo.

Todos los componentes del Complejo Deportivo están expresados en el anexo 8.

4.4 Canal Aguas Bravas:

El canal de aguas bravas permitirá la navegación simultánea de dos (2) Balsas de Rafting, siguiendo lo establecido en las reglas de la Federación Internacional de Rafting (IRF) en cuanto a la ejecución de la modalidad cara a cara. En lo que se refiere a su clasificación, según la American Whitewater, alcanzará una clase IV y V contando con dos (2) niveles de velocidad asociados a la pendiente media del fondo del canal y una variedad de ondas que establezcan diversos grados de dificultad en todo su recorrido.

La sección del canal básica será uniforme y trapecial de 14 metros de ancho y taludes inclinados 0,60H: 1V y estará separado del canal de aguas rápidas por una isla divisoria.

Los deportistas entrevistados han sugerido un canal de aguas bravas compuesto por un tramo inicial de alta velocidad y gran sinuosidad, seguido por un tramo de menor perturbación finalizando por un elemento de alto riesgo que desagüe en el canal de calentamiento donde puedan recuperarse en caso de algún percance.

Así, los primeros 206 metros del canal cuentan con una pendiente de fondo mayor (2%) donde se esperan lograr mayores velocidades para continuar con una pendiente del 1,20% en los 165,5 metros finales. El desnivel total del canal es de 6,00 metros y su trayectoria total de 371,50 metros. Esta longitud no incluye los tramos de canal de calentamiento (de 100 m aproximadamente) ni los casi 70 metros de aproximación al canal de aguas bravas en la terraza superior (ver anexo 9. a).

La construcción del canal de ancho constante y de 14 metros de anchura responde a la necesidad de adaptar una serie de obstáculos que permitan la simulación de "torrentes" naturales en este canal artificial. Los obstáculos, en su gran mayoría se espera sean construidos de tal forma que puedan ser reubicados en un futuro para la generación de nuevos recorridos de diversos grados de dificultad.

El canal, tendrá entre 1,5 y 2,5 metros de altura aunque se pretende que la profundidad de agua sobre los diversos obstáculos sea en todo momento

mayor a 45 cm para permitir la sumergencia total del remo de competición. Las velocidades promedio del agua en el canal deben alcanzar el metro por segundo aunque los vórtices, ondas y flujos locales puedan duplicar esta velocidad.

La gran cantidad de obstáculos presentes en el canal hacen que se reduzca el ancho efectivo de navegación, razón por lo cual se ha estimado que en el modelo físico y en el prototipo este ancho efectivo en ningún caso sea menor a 5 metros para mantener la posibilidad de competencia de dos (2) botes.

4.5 Canal de Aguas Rápidas

El canal de aguas rápidas es un canal diseñado para actuar como elemento de aprendizaje y transición entre los deportistas que se inician en el mundo del canotaje pero que desean una emoción más intensa que la experimentada en botes transitando por el canal de calentamiento del área inferior.

Para su diseño se debe adoptar un nivel de II y III y, desde el punto de vista geométrico, se adopta una sección trapecial similar al canal de aguas bravas pero con un ancho un poco menor debido a que no se espera hacer competencias de ninguna índole en él.

Por su ubicación y por su trayectoria contigua al canal de aguas bravas cuenta, al igual que él, de dos (2) tramos de pendiente de fondo de 2,0% en su inicio y por unos 168 metros y un tramo final de 1,20% y 145 metros para un total de 313 metros, (ver anexo 9. b). Su ancho, de 9 metros en su base, se ha adaptado porque, aunque no se esperan competiciones en él, sí se espera que exista un mayor número de usuarios debido a que su nivel de riesgo es muy bajo y su atractivo es alto en grupos familiares y en deportistas novatos.

El canal de aguas rápidas, a diferencia del canal de aguas bravas, tendrá una mayor cantidad de obstáculos sumergidos que generan ondas longitudinales y pocas ondas transversales para lograr el efecto deseado. Al igual que el canal de aguas bravas este canal podrá variar su configuración en el tiempo permitiendo el desplazamiento de los obstáculos y diques a diversos lugares de tal forma que sea siempre una novedad cada una de las experiencias en este Complejo.

Ambos canales contarán al inicio y al final de su recorrido con diques o vertederos que confinarán las aguas y mantendrán niveles de aproximación con muy poca variación. La obra de salida tratará de establecer un límite o umbral hidráulico entre los canales de aguas bravas y rápidas y el canal de calentamiento, toda vez que no es deseable que las perturbaciones del agua se reflejen y proyecten aguas debajo de éste.

El vertedero de entrada tendrá, en ambos canales una función de regulación de gasto y de operación y mantenimiento muy importante, toda vez que en su cuerpo se alojará una compuerta que se proyectará desde su fondo y permitirá, aun manteniendo operativo el otro canal, cerrar o clausurar la operación de uno o cualquiera de los canales, para proceder a la modificación de su configuración, drenar el canal, limpiar o cualquier otra labor que se requiera para el mantenimiento del mismo.

4.6 Canal de calentamiento

El canal de calentamiento es uno de los elementos imprescindibles en cualquier Complejo deportivo de alta competencia, toda vez que es necesario para el buen rendimiento de los atletas y permite a los mismos adaptarse a las condiciones climáticas de la zona, a la temperatura del agua propiamente dicha y facilita el inicio de actividad de todos los deportistas.

Adicionalmente, el canal de calentamiento es el estadio inicial y normal de preparación de cualquier persona con intención de practicar los deportes acuáticos. En él se podrán gobernar desde botes para la práctica del Rafting, como canoas, kayaks y cualquier otro bote o embarcación deportiva que se desee.

La longitud del canal de calentamiento es superior a 100 metros y su ancho es variable pero siempre superior a los 30 metros.

El canal de calentamiento estará emplazado a la cota actual del laguito y él es, desde el punto de vista altimétrico, el nivel de referencia de todo el proyecto (en lo sucesivo denominado cota 0,00).

En la actualidad hay una gran variedad de opiniones sobre la verdadera profundidad del canal de calentamiento y, tal como fue mencionado anteriormente, se ha supuesto igual o mayor a 3 metros de profundidad.

En el canal de calentamiento existirá uno de los dos (2) muelles que se espera construir en el Complejo Deportivo. Este será el muelle principal puesto que a él se le permitirá el acceso a cualquier embarcación debidamente

autorizada para la práctica deportiva y se encontrará en las cercanías del almacén principal de botes. En su alrededor se contará con canales de baja altura que conformará una "playa" donde podrán descansar los navegantes y esperar aquellos acompañantes que no deseen vincularse a este deporte.

Una vez el sistema de recirculación del Complejo cese en su operación, por apagado diario de sus equipos, la mayor parte de las aguas escurrirán por gravedad hasta este canal con lo cual no sólo es una parte importante en la navegación sino que es también el suplidor permanente y receptor continuo de todas las aguas del Complejo. Debido a esto, el canal podrá tener una variación de nivel que, de acuerdo a los cálculos realizados no será mayor a 50 cm entre eventos extremos de operación y aportes poco frecuentes de aguas de lluvia y, normalmente, menor a 10 cm.

El complejo deportivo y el remanente del Laguito actual, deben estar conectados con el fin de minimizar los desniveles en épocas de lluvias y durante la operación de los equipos, sin contar con el hecho que, de esta manera se podrá garantizar una circulación de las aguas que "oxigene" la totalidad de la masa de agua retenida y permita mejorar su calidad. De cualquier forma y con el fin de no afectar a la fauna acuática presente se debe establecer una barrera que impida el ingreso de las especies acuáticas hacia el área de recirculación.

4.7 Sistema de recirculación de agua

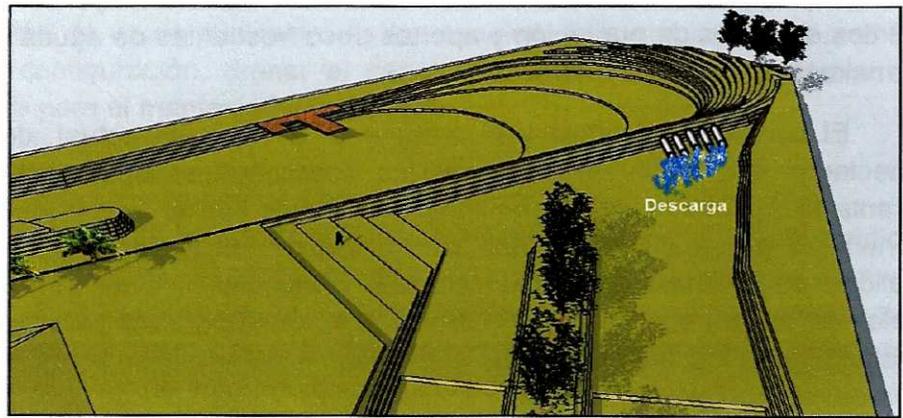
El canal de aguas bravas, en la ubicación propuesta, sólo podrá sustentarse haciendo un uso óptimo del recurso principal: el agua.

El agua dentro del sistema hará un ciclo que se inicia en el canal de calentamiento como gran receptor de todas las aguas y éstas serán succionadas por un grupo de bombas que elevarán las aguas hasta el canal de aproximación de la terraza superior donde, a selección del deportista éste se dirigirá hacia el canal de aguas bravas o, en su defecto hacia el canal de aguas rápidas. Desde allí, y por gravedad, las aguas seguirán ambos cursos hasta cerrar el circuito nuevamente en el canal de calentamiento.

El caudal de diseño de ambos canales (aguas bravas y rápidas) es semejante y cercano a los $5 \text{ m}^3/\text{s}$ debido a que en el canal de aguas bravas las obstrucciones en el cauce son tantas y de tan gran envergadura que aún teniendo una sección general mayor, logra un efecto más cercano al de torrente que en el canal de aguas rápidas. Así, el sistema de recirculación de las aguas se establece en un rango de 5,0 metros cúbicos por segundo para el uso

individual de cualquier de los canales y de $10 \text{ m}^3/\text{s}$ para el uso simultáneo del mismo.

La estación de bombeo se encontrará disimulada en las cercanías de la cinta transportadora de tal manera que la aproximación de las aguas a éstas genere un mínimo de perturbación en la corriente y evite la posibilidad de accidentes en su entorno, (ver figura 3 y 4). Los equipos de impulsión deben manejar entre 5 y $10 \text{ m}^3/\text{s}$, razón por la cual, se establecerá un grupo de bombas verticales de flujo mixto que, descargando alrededor de $2,00 \text{ m}^3/\text{s}$ cada una, puedan satisfacer los requerimientos hidráulicos del sistema.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3: Descarga del Prototipo



Fuente: <http://www.hydrostadium.com>

Figura 4: Descarga, White Water Zoetermeer Holanda

un total de 10 descargas de 91 cm de diámetro con el fin de minimizar la velocidad a la descarga y obtener un efecto visual semejante al mostrado en la figura 5.

La recirculación de las aguas no se ha llevado a nivel de detalle toda vez que para su definición falta obtener información adicional no disponible en este momento. De cualquier forma, un modelo a escala de este único elemento puede ser necesario para garantizar el efecto deseado en la entrada y la mínima perturbación de las aguas tanto en la succión (canal de calentamiento) como en la descarga de las tuberías en el canal de aproximación de la terraza superior.

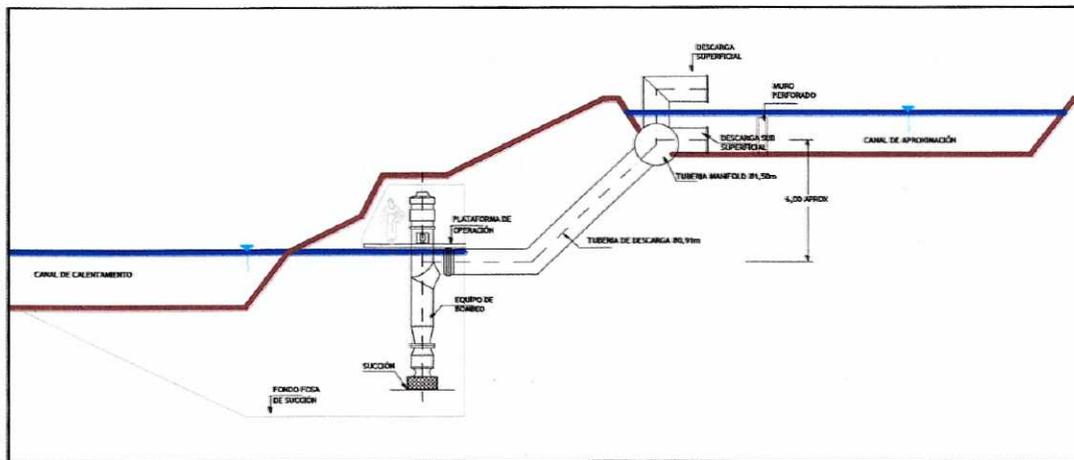


Figura 5: Estación de Bombeo para Recirculación

Por otra parte, las aguas en la pista de aguas bravas deben ser seguras desde el punto de vista sanitario, para el uso de las personas que allí se ejerciten. Un tratamiento mínimo debe ser especificado, tal que, en ningún momento se permita la proliferación de elementos contaminados en la corriente. De cualquier forma, la presencia de fauna acuática en las aguas sugiere la posibilidad de contar con aguas aptas para el desarrollo de esta actividad.

Antes de proceder al diseño definitivo de la fosa de succión se establecerán las condiciones físico-químicas y bacteriológicas de las aguas existentes en el laguito y se procederá al diseño de los elementos que se juzguen necesarios y convenientes para garantizar la salud del público que practique actividades acuáticas en este Complejo.

4.8 Cinta Transportadora y obras complementarias

El discurrir de las aguas con el efecto deseado sólo se logra si existe un desnivel entre el inicio y el fin del canal. Es por ello que la topografía del área del laguito donde se implantará el Complejo deportivo deberá ser modificada rellenando hasta una altura 6 metros en el extremo de aguas arriba para disminuir hasta la cota de fondo actual en el canal de calentamiento generando en todo su recorrido las pendientes de fondo antes mencionadas.

Esta modificación del terreno y el establecimiento de y ampliación de la isla actual permitirá aprovechar los desniveles y taludes que se generan en todo su alrededor para diseñar un conjunto de gradas vegetales que van a lo largo de toda la trayectoria del canal, facilitan el trabajo de los jueces durante las competencias y generan armonía entre las diversas edificaciones, canales y el paisajismo propio del resto del lago.

El desnivel que existe entre ambas terrazas debe ser salvado de una **manera fácil para poder "recircular" las embarcaciones que, estando en el canal de calentamiento, desean elevarse hasta el canal de aproximación para efectuar un nuevo recorrido a través de uno de los canales de Rafting.** El elemento que permite salvar el desnivel topográfico es la cinta transportadora que no es más que una correa sin fin colocada sobre una rampa de 2,20 metros de ancho, 21,55 metros de longitud y 19% de pendiente longitudinal máxima (5,25H: 1V aproximadamente) grados para garantizar la adherencia y fricción del bote o balsa neumática. (Ver figura 6).

La cinta transportadora tendrá la posibilidad de subir a una embarcación con su piloto mientras que el resto de la tripulación deberá ascender por las rampas, puentes y escaleras diseñados al efecto.

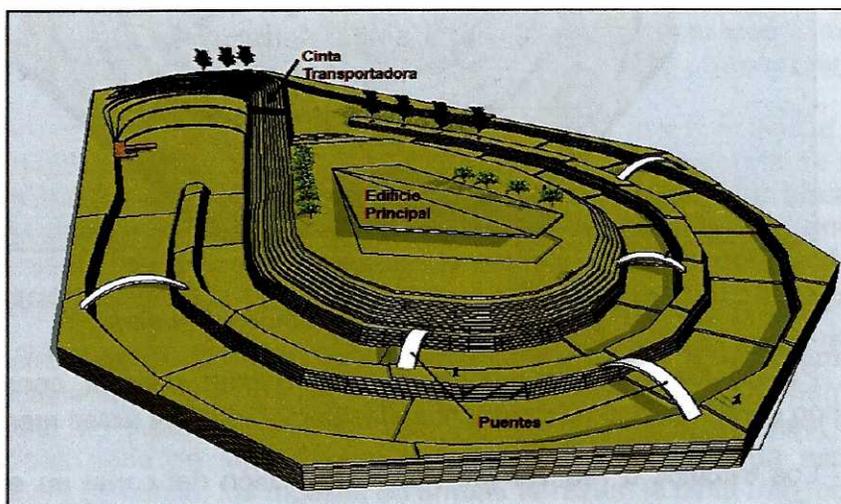
Una vez en la terraza superior, el piloto se encontrará en el canal de aproximación de ambos canales y podrá acercarse hasta un bajío o playa que permitirá al resto de la tripulación abordar la nave. Una vez preparados para el recorrido definirán por cuál de los dos (2) canales se dirigirán y tomando nuevamente el canal de aproximación iniciarán el recorrido.

Vale la pena acotar que, aún encontrándose en el canal de aproximación de cualquiera de las rutas, cualquier piloto medianamente experimentado podrá modificar su curso y evitar entrar al canal ya sea por indisposición de los ocupantes o por error en la selección. Los primeros metros de ambas rutas (20 en el canal de aguas rápidas y 30 en el canal de aguas bravas) se han mantenido con pendiente de fondo nula y muy baja velocidad para tener la posibilidad de interrumpir cualquier inicio inconveniente del paseo.

en el canal de aguas rápidas y 30 en el canal de aguas bravas) se han mantenido con pendiente de fondo nula y muy baja velocidad para tener la posibilidad de interrumpir cualquier inicio inconveniente del paseo.

Este primer tramo podrá servir igualmente para la preparación y ubicación de los competidores en el canal de aguas bravas, para dar indicio a cualquier desafío. (Ver figura 7).

Alrededor del Complejo Deportivo se colocarán 5 puentes en arco (ver figura 6), que comunicarán distintos puntos del canal; uno de ellos permitirá el paso peatonal desde aguas arriba hasta la isla central y otro desde aguas abajo. Los restantes comunicaran la isla central con la isla divisoria entre los dos canales para lograr así una vista panorámica desde cualquier punto.



Fuente: Elaboración Propia

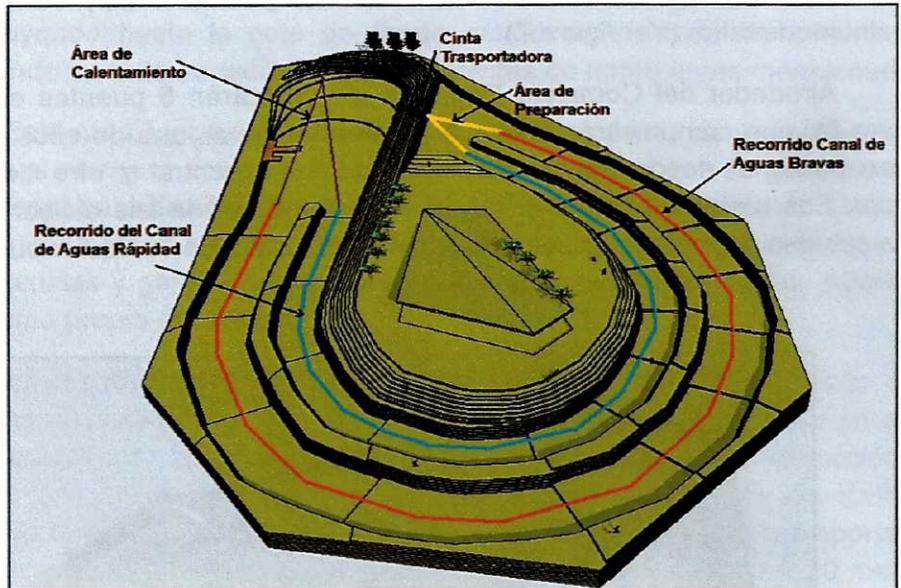
Figura 6: Puentes y Cinta Transportadora

El edificio principal del complejo estará ubicado en la isla central cuyas condiciones de estabilidad y fundaciones no son aspectos a desarrollar en este estudio, al igual que el edificio de almacén y alquiler de botes (ver figura 6).

4.9 Construcción del Canal de Aguas Bravas

Un canal de aguas bravas debe ser diseñado de forma que imite la morfología natural de un río y cree rasgos en los cuales los botes neumáticos y canoas puedan realizar maniobras. En el mundo existen innumerables canales de aguas bravas construidos con diversos materiales, estos están influenciados

por las características del canal, la ubicación geográfica, topografía del terreno, sus usos, entre otros; lo cierto es que la mayoría de ellos coincide en que deben ser económicos, funcionales y duraderos.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 7: *Recorrido en ambos Canales*

Por lo tanto los materiales que se usarán para la construcción del prototipo serán los que nos garanticen las características antes mencionadas.

Los trabajos a realizar para la construcción del canal en el Laguito del Fuerte Tiuna se esbozan a continuación y constituyen un listado de actividades macro a realizar que pueden y serán ampliadas durante el diseño definitivo de cada uno de los componentes:

- a. **Saneamiento del área de implantación del Complejo Deportivo:** es necesaria la remoción de todos los materiales de baja capacidad de soporte existentes en aquellas áreas donde se pretenda modificar el estado de esfuerzos en el suelo. Para realizar este objetivo y evitar dañar a la fauna existente se deberá iniciar con el desplazamiento de las especies hacia el área norte del laguito, para luego construir un dique divisorio y proceder al achique del área sur-oeste objeto de los trabajos.
- b. **Deforestación, limpieza y deshierbe del terreno:** en aquellas áreas donde exista material competente y en el área de la isla actual se requiere la deforestación y deshierbe de la vegetación actual y la remoción de la

materia vegetal existente antes de proceder al relleno de la terraza de implantación de la futura isla central. Vale la pena recalcar que se tratará de realizar una selección de aquellas especies vegetales que puedan ser removidas y embolsadas con el fin de ser posteriormente resemebradas en este mismo espacio de tal forma de disminuir los tiempos de adaptación de las especies.

- c. *Replanteo de obras:* Comprende todos los trabajos necesarios para la ubicación planialtimétrica de todos los elementos que constituirán el Complejo Deportivo.
- d. *Movimiento de tierras:* se refiere a la ejecución de todos los trabajos correspondientes a la excavación y relleno de tierras para lograr los niveles que permitan lograr las superficies de terreno especificadas en el proyecto.
- e. *Construcción del canal:* Todas las obras necesarias para la construcción de los canales trapeciales de aguas rápidas y bravas. Los canales se realizarán en concreto con la sección y pendientes indicadas previamente. En esta labor se incluye los canales de aproximación y calentamiento.
- f. *Construcción de Sistema de Recirculación:* asociado a la actividad previa se efectuará la construcción de la fosa de succión, la plataforma de ubicación de los equipos y las tuberías de conducción y descarga de las aguas. Todas estas obras civiles estarán integradas y, posteriormente permitirán el alojamiento de las bombas y sus componentes electromecánicos de operación y control.
- g. *Construcción de Obras Complementarias:* se refiere a la construcción de las edificaciones y obras necesarias para el adecuado funcionamiento del sistema; entre ellas: el edificio para el almacenamiento de botes; el Edificio Principal, sede de las diversas federaciones atléticas y de espacios de reunión y comercio; los muelles en ambas terrazas; la cinta transportadora y los puentes peatonales.
- h. *Colocación de obstáculos:* según las especificaciones del proyecto en cuanto al tipo de obstáculo y su sitio de colocación en todo el recorrido de ambos canales. En caso que los obstáculos deban ser revestidos para lograr el efecto deseado o como medida de precaución ante posibles accidentes durante el recorrido se procederá a efectuar dichos trabajos de tal manera que se encuentren listos para su revisión una vez se proceda a efectuar las pruebas de bombeo del equipo de recirculación.
- i. *Acabado y Paisajismo:* finalmente, y una vez culminadas la totalidad de las obras previamente mencionadas, se procederá a la siembra de las especies vegetales y al llenado paulatino del laguito, así como a la apertura de las esclusas o elementos de vinculación entre el lago original y el canal de calentamiento.

5 MODELO FÍSICO

En el campo de la hidráulica, un *modelo* representa una escala reducida de su contraparte real definido como prototipo. A lo largo del tiempo, los modelos hidráulicos han permitido a los investigadores estudiar los distintos fenómenos que en él se suscitan y, aprender de ellos sin necesidad de incurrir en cuantiosas inversiones o exponer a personas y cosas a mal funcionamiento o riesgo innecesario.

Un caso planteado por Fuentes (2001) cuenta que en Perú hay un gran antecedente de la elaboración de un modelo, un sistema complejo de distribución de aguas en el distrito de Curahuasi que data del siglo XV conocida como Saywite el culto al agua. Este modelo es una piedra de granito tallado con accidentes geográficos y construcciones humanas como canales, escalinatas, estanques, etc. que, en su conjunto, detalla un plano de la ciudad para el control de las obras hidráulicas que realizaban (ver anexo 10).

De igual forma hay muchos que opinan que Leonardo Da Vinci fue el pionero en los estudios de modelos sobre las aguas turbulentas; entre sus innumerables croquis y diseños se encuentran además, estudios sobre el avance de las corrientes y de los cursos de agua en ríos y lagunas. La precisión de formas y las imágenes mostradas por Da Vinci dan pie a la suposición que para lograr el nivel de detalle mostrado en sus imágenes tuvo como referencia modelos o artefactos construidos por él para la simulación de los fenómenos que desatan los fluidos bajo ciertas condiciones (ver anexo 11 y 12).

Con el pasar de los años, investigadores y científicos han desarrollado estudios sobre el comportamiento del agua bajo distintos parámetros y escenarios, logrando desarrollar modelos matemáticos y físicos cada vez más precisos y acuciosos.

La simulación de los fenómenos hidráulicos mediante modelos matemáticos requiere en muchos casos la simplificación de algunas variables que complicarían enormemente su estudio o que, en caso de requerir su incorporación, se torne tan complejo que requiera de programas muy especializados, de información extensa y en algunos casos inaccesible y de programas de computación extremadamente costosos que dificultan su ejecución.

De cualquier forma, los modelos físicos y matemáticos no son excluyentes, sino complementarios y las virtudes de uno descansan sobre las ventajas del otro y, por consiguiente es deseable en todo momento contar con ambos para el desarrollo de toda actividad experimental.

En el desarrollo de un canal de aguas bravas, debido a la gran cantidad de obstáculos que se espera implantar, se considera más sencillo la construcción de un modelo físico que permita rápidamente visualizar el efecto de cualquier obstáculo y las modificaciones que se generan al alterarlo, reubicarlo o redimensionarlo.

Vergara (1995) expresa lo siguiente:

Muchos de los fenómenos que ocurren en la naturaleza y dentro del campo de la hidráulica son tan complejos que no es fácil tratarlos únicamente con métodos matemáticos. Por lo anterior es conveniente recurrir al empleo de técnicas experimentales, como herramientas en la obtención de soluciones prácticas, aplicadas a problemas de ingeniería, estuarios, fluviales y obras hidráulicas en general. (p. 1).

Según las especificaciones de Vergara (1995), los modelos hidráulicos, implican la semejanza con el prototipo, para lo cual deben satisfacerse unas leyes de similitud; estas son Geométrica, Cinemática y Dinámica, que en conjunto relacionan magnitudes físicas semejantes definidas entre ambos sistemas.

La naturaleza de la investigación que se realiza en este trabajo y el objetivo primordial de éste, como lo es el diseño de un canal de aguas bravas con fines deportivos y recreativos, hacen que el modelo físico, antes de ser una herramienta para estudiar y cuantificar el flujo turbulento de las aguas alrededor de múltiples obstáculos se refiere a la observación y análisis cualitativo de los flujos de tal forma que sean aptos para la práctica del Rafting.

5.1 Similitud Geométrica

Cuando se realiza una comparación con respecto a la similitud geométrica se definen puntos semejantes sobre el modelo y el prototipo como longitudes, áreas y volúmenes. La similitud geométrica implica una relación constante para cualquier longitud por lo que se denominada escala de líneas de longitudes

Se denominan (P) las dimensiones del prototipo y (m) las del modelo, entonces se tiene que:

X_m : es la longitud representativa en el modelo

X_p : es la longitud representativa en el prototipo

Y se establece que:

$$\frac{X_m}{X_p} = L_r$$

Siendo L_r la escala que debe existir entre ambos para que estos sean geoméricamente similares.

A demás de obtener:

$$A_r = L_r^2 \text{ (Escala de Áreas)}$$

$$V_r = L_r^3 \text{ (Escala de Volúmenes)}$$

5.2 Similitud Cinemática

Si la comparación entre el prototipo y el modelo es con respecto a un movimiento, ésta se cumple cuando los patrones de flujos semejantes son iguales en cualquier instante, es decir, si las trayectorias del movimiento son geoméricamente similares y si las relaciones de velocidades de las partículas homólogas también lo son; por lo que se encontrará la escala de velocidades.

Para que esto ocurra, la escala de tiempos de partículas homólogas que viajan en campos de flujo similares deben ser constantes a lo largo del sistema establecido:

Y se establece que:

$$\frac{T_m}{T_p} = T_r \text{ (Escala de los Tiempos)}$$

Y por consiguiente:

$$\frac{L_r}{T_r} = V_r \text{ (Escala de Velocidades)}$$

5.3 Similitud Dinámica

El movimiento de un fluido es el aspecto de estudio para este caso, por lo que para el modelo y el prototipo deben ser similares; de forma que debe haber fuerzas homólogas tanto en masa como en aceleración, estas deben ser proporcionales. Estas fuerzas pueden ser fuerzas gravitatorias, de fricción entre partículas de un fluido, tensión superficial, elásticas y compresivas.

Según Newton (1687), el cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa y ocurre según la línea recta a lo largo de la cual aquella fuerza se imprime, segunda ley de Newton, de forma que:

$$\frac{F_m}{F_p} = F_r \text{ (Escala de Fuerzas)}$$

Y por tanto:

$$\frac{L_r}{T_r^2} = a_r \text{ (Escala de Aceleraciones)}$$

Concluyendo:

$$F_r = m_r a_r = m_r \frac{L_r}{T_r^2} \text{ (Escala de Fuerzas)}$$

En el diseño de estructuras hidráulicas comunes se deben determinar cuáles son los factores típicos que dirigen su comportamiento y por lo tanto su modelación y diseño. Según Solana (1980) cuando se representa un fenómeno en un modelo, por lo general no se evalúan todas las cantidades que se definen en el prototipo, aún y cuando se representen las leyes físicas predominantes, no está completamente correcta la representación y es por esto que se producen los llamados efectos de escala. En la mayoría de los casos la distribución de velocidades no será la misma entre el modelo y el prototipo.

También expresa que los modelos con superficie libre necesariamente deben analizarse con el número de Froude ya que las fuerzas gravitatorias predominan en el movimiento.

Vergara (1995) plantea que los modelos hidráulicos pueden construirse con fronteras fijas o móviles dependiendo de lo que se desea simular, estos son conocidos como modelos de fondo fijo o móvil; los de fondo fijo se usan en casos en los cuales se deseen analizar las variaciones de velocidad y tirantes del flujo, tal es el caso de control de avenidas, navegación, irrigación, canales entre otros, si se desean analizar comportamientos relacionados con el movimiento de sedimentos es recomendable usar modelos de fondo móvil.

Para el presente caso de estudio es preciso usar un *modelo de fondo fijo* ya que la velocidad del flujo y la variación de los niveles de aguas son parámetros a medir y luego de ello, se obtendrán las relaciones entre el modelo y el prototipo.

Los modelos pueden ser elaborados con distorsión en la escala vertical y horizontal o sin ella; se recurre a los modelos distorsionados cuando las escalas más pequeñas que permiten las leyes de similitud, arrojan dimensiones muy grandes que requieren espacios exagerados, con estos modelos y la escogencia de una adecuada escala horizontal y una razonable relación para la escala vertical se pueden representar los fenómenos y además ahorrar tiempo y dinero.

Para conocer todas las variables involucradas en el diseño del modelo se debe recurrir a un estudio de homogeneidad de dimensiones para así obtener las fuerzas que predominan sobre él.

5.4 Análisis dimensional

Bolinaga, J. (2007) señala:

En el primer paso, la identificación de las variables implica, además de enumerarlas, analizar la influencia de cada una de ellas a los fines de establecer su importancia y poder así, si fuese necesario, desechar algunas para simplificar la investigación. (p. 461).

Por lo que un análisis dimensional permitirá reducir al mínimo posible el número de variables y expresar una relación física de forma tal que las dimensiones para cada término sean iguales. Para la realización del análisis se usara el Teorema π por Buckingham en 1914 que contempla los siguientes pasos:

5.4.1 Las cantidades serán en función de Tres Dimensiones:

Masa (M)

Tiempo (T)

Longitud (L)

5.4.2 Selección de las variables del Problema:

Elementos Geométricos de la sección del canal

y: Nivel de agua

T: Ancho superficial

b: Base del canal

z: Factor de sección

Condición a Superficie Libre

- Q: Caudal
- V: Velocidad del flujo
- g: Aceleración de Gravedad
- ρ : Densidad del agua
- α : Pendiente de fondo

Oleaje

- L: Longitud de Onda
- C: Celeridad (velocidad de propagación)
- H: Altura de ola
- η : Refracción, reflexión y difracción.

Numero de Variables = n = 13

5.4.3 Relación Funcional:

$$f(y, T, b, z, Q, V, g, \rho, \alpha, L, C, H, \eta) = 0 \tag{1}$$

5.4.4 Se seleccionan las variables de repetición que contengan las dimensiones del problema:

$$f(y, T, b, z, Q, V, g, \rho, \alpha, L, C, H, \eta) \Rightarrow f\left(L, L, L, L, \frac{L^3}{T}, \frac{L}{T}, \frac{L}{T^2}, \frac{M}{L^3}, 1, L, \frac{L}{T}, L, L\right) \tag{2}$$

$$y \Rightarrow L$$

$$V \Rightarrow \frac{L}{T}$$

$$\rho \Rightarrow \frac{M}{L^3}$$

Numero de dimensiones = m = 3

5.4.5 Planteamiento de los Parámetros

$$\pi_{n-m} = \pi_{13-3} = \pi_{10} \tag{3}$$

$$\pi_1 = y^{x_1} V^{x_2} \rho^{x_3} T$$

$$\begin{aligned} \pi_2 &= y^{x_1} V^{x_2} \rho^{x_3} b \\ \pi_3 &= y^{x_1} V^{x_2} \rho^{x_3} z \\ \pi_4 &= y^{x_1} V^{x_2} \rho^{x_3} Q \\ \pi_5 &= y^{x_1} V^{x_2} \rho^{x_3} g \\ \pi_6 &= y^{x_1} V^{x_2} \rho^{x_3} \alpha \\ \pi_7 &= y^{x_1} V^{x_2} \rho^{x_3} L \\ \pi_8 &= y^{x_1} V^{x_2} \rho^{x_3} C \\ \pi_9 &= y^{x_1} V^{x_2} \rho^{x_3} H \\ \pi_{10} &= y^{x_1} V^{x_2} \rho^{x_3} \eta \end{aligned}$$

5.4.6 Resolución del Sistema de Ecuaciones en función de las dimensiones:

- $\pi_1 = y^{x_1} V^{x_2} \rho^{x_3} T$
 $L^0 M^0 T^0 = (L^{x_1})(L^{x_2} T^{-x_2})(M^{x_3} L^{-3x_3})(L)$
 $L \Rightarrow 0 = x_1 + x_2 - 3x_3 + 1$
 $M \Rightarrow 0 = x_3$
 $T \Rightarrow 0 = -x_2$
 $x_1 = -1$
 $x_2 = 0$
 $x_3 = 0$

$\pi_1 = y^{-1} V^0 \rho^0 T$ $\pi_1 = T/y$
--

- $\pi_2 = y^{x_1} V^{x_2} \rho^{x_3} b$
 $L^0 M^0 T^0 = (L^{x_1})(L^{x_2} T^{-x_2})(M^{x_3} L^{-3x_3})(L)$
 $L \Rightarrow 0 = x_1 + x_2 - 3x_3 + 1$
 $M \Rightarrow 0 = x_3$
 $T \Rightarrow 0 = -x_2$
 $x_1 = -1$
 $x_2 = 0$
 $x_3 = 0$

$\pi_2 = y^{-1} V^0 \rho^0 b$ $\pi_2 = b/y$
--

- $\pi_3 = y^{x_1} V^{x_2} \rho^{x_3} z$

$$L^0 M^0 T^0 = (L^{x_1})(L^{x_2} T^{-x_2})(M^{x_3} L^{-3x_3})(L)$$

$$L \Rightarrow 0 = x_1 + x_2 - 3x_3 + 1$$

$$M \Rightarrow 0 = x_3$$

$$T \Rightarrow 0 = -x_2$$

$$x_1 = -1 \quad \boxed{\pi_3 = y^{-1} V^0 \rho^0 z}$$

$$x_2 = 0 \quad \boxed{\pi_3 = z/y}$$

$$x_3 = 0$$

- $\pi_4 = y^{x_1} V^{x_2} \rho^{x_3} Q$

$$L^0 M^0 T^0 = (L^{x_1})(L^{x_2} T^{-x_2})(M^{x_3} L^{-3x_3})(L^3 T^{-1})$$

$$L \Rightarrow 0 = x_1 + x_2 - 3x_3 + 3$$

$$M \Rightarrow 0 = x_3$$

$$T \Rightarrow 0 = -x_2 - 1$$

$$x_1 = -2 \quad \boxed{\pi_4 = y^{-2} V^{-1} \rho^0 Q}$$

$$x_2 = -1 \quad \boxed{\pi_4 = \frac{Q}{y^2 V}}$$

$$x_3 = 0$$

- $\pi_5 = y^{x_1} V^{x_2} \rho^{x_3} g$

$$L^0 M^0 T^0 = (L^{x_1})(L^{x_2} T^{-x_2})(M^{x_3} L^{-3x_3})(L^1 T^{-2})$$

$$L \Rightarrow 0 = x_1 + x_2 - 3x_3 + 1$$

$$M \Rightarrow 0 = x_3$$

$$T \Rightarrow 0 = -x_2 - 2$$

$$x_1 = 1 \quad \boxed{\pi_5 = y^1 V^{-2} \rho^0 g}$$

$$x_2 = -2 \quad \boxed{\pi_5 = \frac{g y}{V^2}}$$

$$x_3 = 0$$

$$\bullet \pi_6 = y^{x_1} V^{x_2} \rho^{x_3} \alpha$$

$$L^0 M^0 T^0 = (L^{x_1})(L^{x_2} T^{-x_2})(M^{x_3} L^{-3x_3})(1)$$

$$L \Rightarrow 0 = x_1 + x_2 - 3x_3$$

$$M \Rightarrow 0 = x_3$$

$$T \Rightarrow 0 = -x_2$$

$$x_1 = 0 \quad \boxed{\pi_6 = y^0 V^0 \rho^0 \alpha}$$

$$x_2 = 0 \quad \boxed{\pi_6 = \alpha}$$

$$x_3 = 0$$

$$\bullet \pi_7 = y^{x_1} V^{x_2} \rho^{x_3} L$$

$$L^0 M^0 T^0 = (L^{x_1})(L^{x_2} T^{-x_2})(M^{x_3} L^{-3x_3})(L)$$

$$L \Rightarrow 0 = x_1 + x_2 - 3x_3 + 1$$

$$M \Rightarrow 0 = x_3$$

$$T \Rightarrow 0 = -x_2$$

$$x_1 = -1 \quad \boxed{\pi_7 = y^{-1} V^0 \rho^0 L}$$

$$x_2 = 0 \quad \boxed{\pi_7 = L/y}$$

$$x_3 = 0$$

$$\bullet \pi_8 = y^{x_1} V^{x_2} \rho^{x_3} C$$

$$L^0 M^0 T^0 = (L^{x_1})(L^{x_2} T^{-x_2})(M^{x_3} L^{-3x_3})(L^1 T^{-1})$$

$$L \Rightarrow 0 = x_1 + x_2 - 3x_3 + 1$$

$$M \Rightarrow 0 = x_3$$

$$T \Rightarrow 0 = -x_2 - 1$$

$$x_1 = 0 \quad \boxed{\pi_8 = y^0 V^{-1} \rho^0 C}$$

$$x_2 = -1 \quad \boxed{\pi_8 = C/V}$$

$$x_3 = 0$$

- $\pi_9 = y^{x_1} V^{x_2} \rho^{x_3} H$

$$L^0 M^0 T^0 = (L^{x_1})(L^{x_2} T^{-x_2})(M^{x_3} L^{-3x_3})(L)$$

$$L \Rightarrow 0 = x_1 + x_2 - 3x_3 + 1$$

$$M \Rightarrow 0 = x_3$$

$$T \Rightarrow 0 = -x_2$$

$$x_1 = -1 \quad \boxed{\begin{matrix} \pi_9 = y^{-1} V^0 \rho^0 H \\ \pi_9 = H/y \end{matrix}}$$

$$x_2 = 0$$

$$x_3 = 0$$

- $\pi_{10} = y^{x_1} V^{x_2} \rho^{x_3} \eta$

$$L^0 M^0 T^0 = (L^{x_1})(L^{x_2} T^{-x_2})(M^{x_3} L^{-3x_3})(L)$$

$$L \Rightarrow 0 = x_1 + x_2 - 3x_3 + 1$$

$$M \Rightarrow 0 = x_3$$

$$T \Rightarrow 0 = -x_2$$

$$x_1 = -1 \quad \boxed{\begin{matrix} \pi_{10} = y^{-1} V^0 \rho^0 \eta \\ \pi_{10} = \eta/y \end{matrix}}$$

$$x_2 = 0$$

$$x_3 = 0$$

5.4.7 Relación funcional Adimensional

$$f(\pi) = f\left(\frac{T}{y}, \frac{b}{y}, \frac{z}{y}, \frac{Q}{y^2 V}, \frac{g y}{V^2}, \alpha, \frac{L}{y}, \frac{C}{V}, \frac{H}{y}, \frac{\eta}{y}\right) \quad (4)$$

Según la relación funcional Adimensional se muestra que las fuerzas predominantes son las Gravitacionales e Inerciales, por lo que el modelo físico estará dominado por el numero de Froude. De forma que para canales abiertos:

$$F = \frac{V}{\sqrt{g y}}$$

Siendo:

V : La velocidad media en la sección del canal

y : Altura del agua medida desde la superficie del canal

g : Aceleración de gravedad

La selección de la escala de longitudes para el presente caso de estudio se hará de manera que se puedan despreciar las fuerzas viscosas y de tensión superficial en relación a las gravitacionales, y que a la vez permita representar las variaciones de velocidad y niveles del flujo para el diseño de un canal destinado para el deporte en aguas bravas.

5.5 Selección del tipo de modelo

Según Vergara (1995) los modelos hidráulicos destinados a reproducir sistemas de flujo a superficie libre como canales y ríos, se realizan para conocer los niveles y cambios en los patrones del flujo debido a cualquier modificación en el cauce, como lo requiere el presente caso de análisis, por lo tanto, el modelo físico se realizará para canales con fondo fijo a superficie libre y de esta manera permitir la correcta simulación.

5.6 Escogencia de la escala

Una vez realizado el análisis dimensional se efectúa la escogencia de la escala, para ello deben considerarse los siguientes aspectos:

- a. Fijación de las cantidades cuyo comportamiento se desea evaluar, para este caso se medirán, el tirante de agua y el caudal.
- b. Determinación de las magnitudes mínimas del modelo para que se cumpla la hipótesis de similitud, el nivel mínimo de flujo debe ser 0.40 metros y la velocidad debe tener una media de 1,00 m/s durante todo el recorrido del canal.
- c. Verificación de las limitaciones del laboratorio para que no sean sobrepasados. En este caso las limitantes físicas del laboratorio son volumétricas con un aporte máximo de aguas en el canal abierto central de 35 lps y espaciales con un espacio para la instalación de 6 m²

Según el estudio de las leyes de similitud y el análisis dimensional, un modelo dominado por Froude deberá tener la siguiente relación de escalas:

Tabla 2: Escalas para modelos sin distorsión para flujos a superficie libre

Magnitud Física	Escala
Área	$E_A = E_L^2$
Volumen	$E_V = E_L^3$
Velocidad	$E_v = E_L^{\frac{1}{2}}$
Tiempo	$E_t = E_L^{\frac{1}{2}}$
Aceleración	$E_a = E_g = 1$
Gasto	$E_Q = E_v E_A = E_L^{\frac{5}{2}}$
Fuerzas	$E_F = E_m E_a = E_p E_v E_a = E_L^3$
Presión	$E_p = \frac{E_F}{E_A} = E_L$
Coficiente de Manning	$E_n = E_L^{\frac{1}{5}}$

Fuente: Elaboración Propia

El número de Froude en el modelo debe ser igual al del prototipo, definido por la siguiente ecuación:

$$\frac{F_m}{F_p} = 1$$

$$\frac{v_m^2}{g_m l_m} = \frac{v_p^2}{g_p l_p}$$

Para abordar este modelo físico es necesario que se realice un análisis cuantitativo del todo el sistema hidráulico, para esto se debe tomar en cuenta que la modelación involucra el estudio de mezcla turbulenta bifásica (aire-agua), como la que se observa en los canales de Agua Bravas que se mencionaron anteriormente, la velocidad, el caudal y las profundidades, Esto conduce a seleccionar una escala superior a 1:30 según las recomendaciones de Vergara para la construcción de modelos de fondo fijo a superficie libre para garantizar todo el campo turbulento y evitar efectos viscosos y de tensión superficial.

El modelo físico idóneo para la observación de todos los fenómenos que se suscitan en un canal como éste debería tener entonces, una longitud no menor a 10 metros con un caudal cercano a los 8 litros por segundo y

dimensiones transversales cercanas a los 35 cm y con una profundidad promedio de 3,5cm. En él, se representará con mayor fidelidad la mezcla aire-agua en los saltos, aunque no se logrará aún la simulación adecuada de la rugosidad del mismo. Evidentemente este modelo no es posible implantarlo en el espacio disponible en el Laboratorio y sus costos exceden los esperados para la etapa conceptual del proyecto que se ejecuta actualmente.

Se debe contar con una instrumentación adecuada y precisa para medir caudales y nivel de aguas. El caudal se recomienda medir a través de un sensor de flujo electromagnético y el nivel con un medidor de punta de los que cuenta el laboratorio.

El modelo, debido a su naturaleza y al uso previsto, es necesario que contemple la totalidad del Complejo Deportivo y, por ello, prelan las limitaciones espaciales del Laboratorio de Hidráulica antes que cualquier otra consideración y, por ello se adopta una escala 1:100 para su diseño, que, para las obras hidráulicas allí presentes es clasificado como micro modelo.

Bajo esta consideración y con las dimensiones externas mencionadas en el capítulo correspondiente, el modelo tendrá una longitud de casi 3,00 metros y un ancho medio de 1,50 metros que colma el área destinada para su instalación.

5.7 Construcción del Micromodelo Físico

Para la elaboración del Modelo físico a una escala de 1:100 se hará la optimización del espacio donde se instalará en el Laboratorio de Hidráulica de la Universidad, por lo que la sección a simular será irregular y perimetral al área de estudio, esto permitirá a su vez una disminución de material y por ende menor peso.



Durante su ejecución se efectúa el estudio de varios materiales para la construcción del modelo que deben cumplir los siguientes aspectos: impermeabilidad, moldeabilidad y bajo peso. Adoptando este patrón se usara una base de madera de unos 2 cm de espesor para la base del modelo cuyas dimensiones extremas son de 2,82 m por 1,60m; y el anime blanco de papelería para ir

recreando los niveles hasta lograr una superficie continua.

El anime se lijará para darle la pendiente de fondo del diseño de ambos canales del Complejo (aguas bravas y rápidas) Bravas y revestidos con dos (2) capas de yeso muy líquido aplicados con brochas de cerdas suaves que permita disminuir la porosidad del anime y obtener una superficie más lisa. El pulido se realiza mediante lijado al agua - con lija 220 - hasta disminuir al máximo las rugosidades.

Una vez culminado el acabado de yeso se procede a cortar las aberturas que permitirán la entrada y salida de agua en el micro modelo, esto se realiza con una herramienta caladora y la ubicación y forma de estas aberturas se realizan con miras a minimizar su efecto en el resto del modelo.



Finalmente, se colocarán tres (3) capas de Adesitop - 34 color gris para simular el color del concreto sobre toda la superficie del micro modelo. Este producto es usado en el área de plomería para crear una capa impermeable sobre las superficies donde es colocado.



Para disminuir las rugosidades generadas por todos los materiales antes mencionados se colocan dos (2) capas de poliuretano transparente, que permiten una superficie más lisa además de garantizar la impermeabilidad de toda la superficie del canal.

Para las áreas verdes y la simulación del paisajismo del área en estudio se añadirá grama artificial con aserrín teñido y fijado con pega blanca. La vegetación seleccionada a una escala similar al entorno actual han sido elaboradas con ramas naturales y goma espuma molida pintada de varios tonos de verde, armadas en lanas de acero



para semejar la copa de los arboles.



La tubería de alimentación del Modelo Hidráulico estará dispuesta en función de forma tal que se haga un aprovechamiento óptimo del espacio disponible y que no perturbe al resto de los equipos de experimentación ni a los elementos de impulsión del laboratorio. Por su parte la tubería de salida del modelo ha sido dispuesta de tal forma que descargue hacia el tanque de

almacenamiento subterráneo del laboratorio de Hidráulica de la UCAB y se integre al sistema de recirculación. Todas las conexiones de la tubería fueros selladas con mastique en tira y en algunos casos con silicón transparente.

Para el traslado del modelo físico desde su lugar de construcción hasta su lugar de experimentación, se utiliza un camión F- 350 así como la ayuda del personal obrero y técnico de los laboratorios de Ingeniería de la Universidad Católica Andrés Bello.



Un vez colocado en su lugar de experimentación se procedió a la instalación de las tuberías de entrada y salida del micromodelo, y a su nivelación a través puntales de madera de una altura de 75 cm para garantizar su horizontalidad en todos los puntos.



5.8 Funcionamiento del Micromodelo

Para el óptimo funcionamiento del Micromodelo en el laboratorio se hará un acople a la tubería existente del mismo para así poder disponer de un caudal de hasta 35 litros por segundo sin necesidad de adquirir una bomba exclusiva para el mismo.

Mediante el modelo matemático ejecutado en el HEC RAS se calculan los diversos rangos de caudales que deberán ser utilizados para el funcionamiento del Canal de Aguas Bravas. Así, los cálculos realizados ponen de manifiesto que aún para las máximas condiciones operativas un caudal del modelo equivalente a 2 lps es suficiente para su experimentación.

5.8.1 Tubería de Alimentación

La definición de la máxima capacidad de descarga de una de las tuberías que provienen del estanque elevado se realizan mediante el cálculo hidráulico del sistema para máxima carga; es decir, el análisis de todos los tramos de tubería que llevan las aguas desde el tanque hasta el modelo y la revisión y análisis de todas las singularidades que, mediante la generación de pérdidas locales alteran la descarga del sistema. El estudio se realiza en cinco (5) tramos (ver anexo 13):

Tramo 1: Es la tubería que conecta el tanque de almacenamiento elevado hasta la toma directa a nivel del suelo, la carga hidráulica en el tanque es de 1,8 metros y su recorrido es de 7,65 metros; su diámetro es de 10 cm (4 pulgadas).



Tramo 2: Desde la toma directa hasta el lugar más cercano al tanque subterráneo para la salida del agua del micromodelo con un recorrido de 5,87 metros y un diámetro de 10 cm (4 pulgadas).

Tramo 3: Tramo de tubería de 1 ½ pulgadas necesario para la instalación del medidor de flujo Flow x3 y la válvula de compuerta que controlará al sistema. Para minimizar la perturbación del flujo en el medidor se instalan los elementos de control (válvula) y de orientación (codos) a las distancias establecidas en el manual del equipo de medición. La longitud de este tramo es de 1,55 metros.

Tramo 4: Es de 35 cm de longitud y un diámetro de 10 cm (4 pulgadas) para iniciar el proceso de desaceleración de las aguas que son conducidas hasta el modelo.

Tramo 5: Se refiere a un recipiente de forma cúbica de 18 cm de lado, de acrílico transparente, que permite incorporar las aguas hacia el micromodelo a la mínima velocidad posible y asemejar entonces este sector del canal a las condiciones que usualmente se tendrán allí.

Todas las pérdidas localizadas así como las recomendaciones de coeficientes de rugosidad para la ecuación de William & Hazen han sido tomadas de Sotelo (1974) y Suárez (1982). Ver anexo 14.

El resultado final del cálculo indica que existe la posibilidad de incorporar al modelo hasta 3,29 lps por esta vía.

5.8.2 *Funcionamiento del Medidor de Flujo*

El Laboratorio posee un medidor de flujo por inserción llamado Flow x3 donado por la empresa Especialidades Hidráulicas, C.A. para la construcción del equipo de Prueba de Bombas Hidráulicas con fines docentes recientemente diseñado como parte de un Trabajo Especial de Grado de la Escuela de Ingeniería Civil de la UCAB.

Dicho medidor determinará el caudal que circula por la tubería de alimentación del micro modelo y ha sido instalado en una *T de PVC* de 1 ½" de diámetro.

La calibración del medidor de flujo Flow x3 se realizará mediante la medición simultánea del gasto a través del medidor de flujo y un vertedero triangular de pared delgada existente en el laboratorio.

Para ello se realizaron un grupo de mediciones donde se definieron los caudales medidos en el vertedero triangular con las unidades de medición reportadas por el equipo. Ambas mediciones fueron comparadas analítica y gráficamente (ver tabla 3) obteniendo un factor multiplicador para las unidades de medición de 23,87 que se corresponde con la pendiente de la línea que mejor se ajusta a los datos obtenidos. (Ver Gráfico 1)

El caudal obtenido por el equipo de medición será entonces:

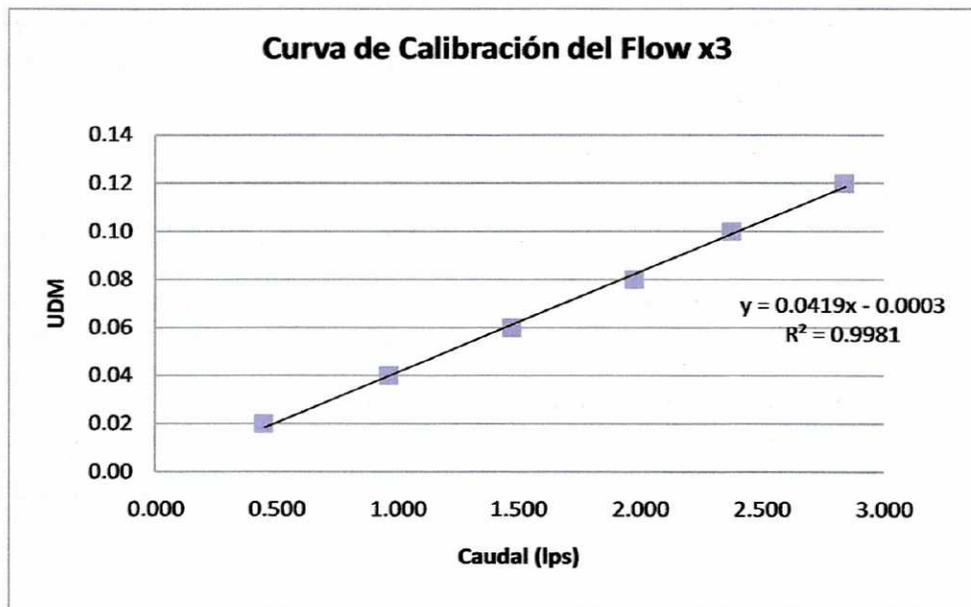
$$Q = UDM * k = \frac{l}{H}$$

Tabla 3: Calibración del Medidor de Flujo

Fuente: Elaboración Propia

Medición	VERTEDERO TRIANGULAR						MEDIDOR FLOW X3	CALIBRACIÓN (K factor)
	H1 (cm)	H2 (cm)	H adoptado (cm)	H corregido (cm)	Q (l/s)	Q (m3/s)	UDM	
1	36.65	36.66	36.65	10.55	2.837	0.0028	0.12	23.64
2	35.96	35.95	35.95	9.85	2.377	0.0024	0.10	23.77
3	35.29	35.27	35.27	9.17	1.976	0.0020	0.08	24.70
4	34.28	34.29	34.29	8.19	1.476	0.0015	0.06	24.61
5	33.06	33.04	33.04	6.94	0.963	0.0010	0.04	24.07
6	31.28	31.26	31.26	5.16	0.448	0.0004	0.02	22.41
							<i>Promedio</i>	23.87

Gráfico 1: Curva de de Calibración



Fuente: Elaboración Propia

5.8.3 *Medidor del tirante de Agua*

La determinación de la profundidad del flujo en el canal y, por inferencia, su velocidad, se realiza midiendo con un medidor de punta la superficie y el fondo del canal en todos los sitios que así se desee. El medidor cuenta con un tornillo micrométrico capaz de medir en forma precisa hasta décimas de milímetro.



6 EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS

La construcción del micro modelo tiene como único objetivo el hacer circular agua por éste y proceder a la observación de los efectos que se generan como consecuencia de la incorporación de obstáculos, caídas y contracciones del flujo en todo su recorrido. Así, al culminar la etapa de dimensionamiento y construcción del micro modelo se procedió inmediatamente a la prueba de los canales siguiendo en el esquema que se perfila a continuación:

Primera Etapa - Experimentación: Comprende las actividades tendientes a evaluar el comportamiento del agua para diversos obstáculos y condiciones hidráulicas. Consta de las siguientes labores:

- a. Definición del coeficiente de Manning del modelo.
- b. Observación del perfil de aguas bravas con perturbación en el lecho del canal.
- c. Disposición y efecto de obstáculos de fondo y márgenes del canal.

Segunda Etapa - Análisis de condiciones hidráulicas logradas: aunque esta etapa se desarrolla en paralelo con la experimentación, el análisis de las condiciones hidráulicas implica mediciones, cálculos y evaluación de aspectos no sólo hidráulicos sino también deportivos y de seguridad de tal forma que se puedan alcanzar los parámetros y criterios de diseño inicialmente adoptados.

6.1 Experimentación

Si se quisiera transmitir los deseos de cualquier aficionado al canotaje en general y al rafting en particular deberíamos interpretar sus palabras y traducirlas en efectos hidráulicos. Reparemos en los comentarios que ellos hacen ante la pregunta sobre qué desean en un canal de aguas bravas: "Velocidad"; "Turbulencia" "Perturbaciones" "Lenguas" y sólo en algunos lugares: "Quietud" o "Sosiego".

Evidentemente, dichos "parámetros de diseño" no son cuantificables pero definitivamente son comprensibles, seguramente difíciles de explicar pero serán contundentemente comprendidos si los observamos en el micromodelo realizado.

La experimentación entonces se refiere a todas las pruebas, ensayos y errores que se efectuaron con el fin de lograr los "parámetros" de diseño deseado por los atletas y visualizados durante la ejecución de las pruebas.

Para poder establecer una escala en las perturbaciones y, en especial, en el gasto manejado en todo momento, se hace una primera prueba que permita la determinación del coeficiente de rugosidad de Manning del fondo y taludes del canal trapecial original para, posteriormente, iniciar la simulación propiamente dicha.

Es importante destacar nuevamente que el micro modelo realizado tiene un objetivo meramente cualitativo y no pretende, en ningún momento, ser una imagen fiel y exacta de los procesos hidráulicos que allí se generarán. Su función es el de percibir, en la medida de lo posible, los tramos donde se logran las perturbaciones y corrientes deseadas.

6.1.1 Cálculo de Rugosidad en el Canal de Aguas Bravas

La experimentación en el modelo se inicia con la determinación del coeficiente de rugosidad de Manning tanto en el fondo como en los taludes del canal trapecial. En base a los resultados obtenidos se podrán establecer las relaciones hidráulicas y de similitud descritas en el Capítulo 5 que permitirán identificar la proporción que tendrán los caudales utilizados en el micromodelo y el necesario o esperado en el prototipo.

El coeficiente de rugosidad será inferido mediante la calibración del perfil de agua que ocurre en el canal trapecial sin ningún tipo de perturbación con el obtenido mediante simulación matemática utilizando el modelo bidimensional de cálculo de remansos River Analysis System del Hydrologic Engineering Center, usualmente conocido como HEC-RAS.

En lo sucesivo los parámetros y resultados son referidos al prototipo; durante la etapa de experimentación se procedió a establecer un caudal seleccionado que, en este caso, se adopta 0,024 litros por segundo y, una vez alcanzado el equilibrio dinámico en todo el micro modelo, se procede a la toma de medidas de profundidad a distancias que, en el prototipo, se separarían unos 50 metros aproximadamente.

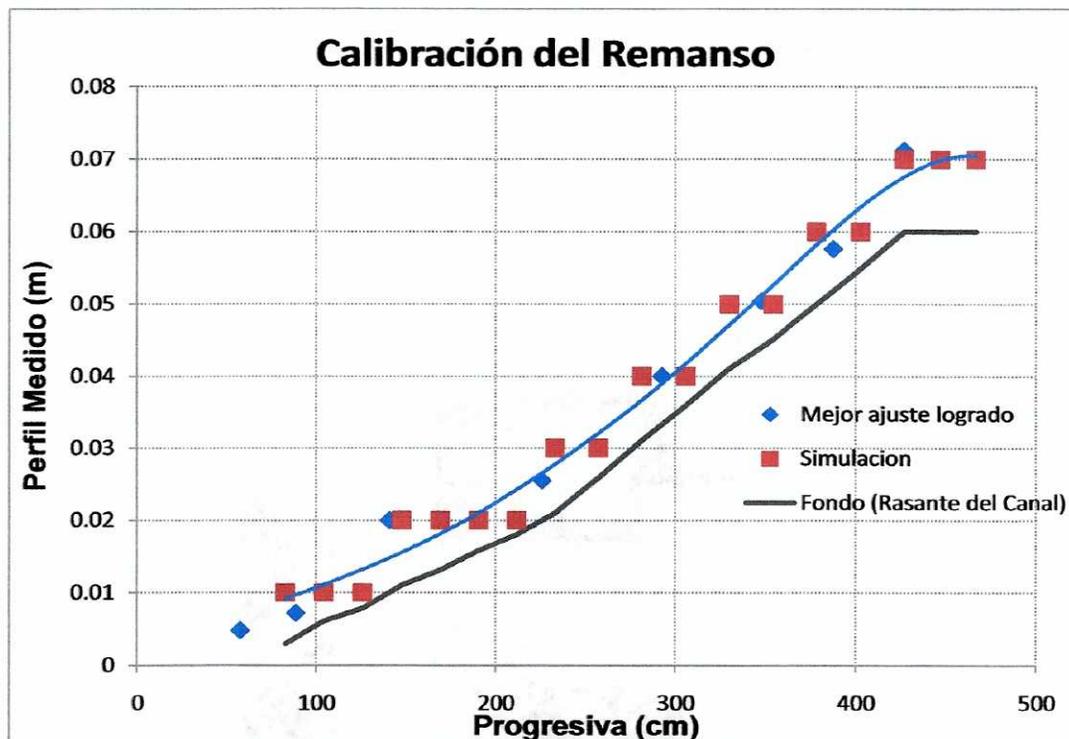
El perfil así obtenido fue comparado con múltiples simulaciones del canal con diversos coeficientes de Manning. En este sentido, vale la pena destacar que, para objeto de la simulación se mantuvieron constantes los coeficientes de fondo y taludes ya que los materiales utilizados en su concepción como la forma de aplicación fueron las mismas en ambas superficies.

La simulación del programa HEC-RAS que mejor se adopta al perfil medido es el correspondiente a una rugosidad equivalente a 0,0025, el cual en lo sucesivo será adoptado como coeficiente de referencia para el cálculo del

caudal en el prototipo tomando en consideración la escala del micro modelo y los aspectos geométricos relacionados.

En la Gráfica 2 se muestra el perfil de agua medido, los niveles de agua obtenidos en la simulación con HEC-RAS y las líneas promedios del perfil de agua y de rasante de fondo del canal de aguas bravas.

Gráfico 2: Calibración del Remanso



Fuente: Elaboración Propia

6.1.2 Perturbación de fondo en el Canal de Aguas Bravas

La perturbación más fácil de lograr y cuya simulación aún es factible a través de modelos matemáticos de dos dimensiones es la que se genera al instalar, en el fondo del canal, una serie de obstáculos transversales que, actuando como escalones positivos alteran significativamente su superficie (ver anexo 16).

El objetivo de generar esta observación intermedia es el de percibir como los elementos transversales permiten, si se comparara con el canal sin obstáculos, disminuir el gasto que circula, incrementar los tirantes de agua y disminuir las velocidades del flujo. Igualmente se percibe que gran parte del volumen de agua requerido para la operación del sistema no necesariamente, debe escurrir hacia el canal de calentamiento una vez que salgan de operación los equipos de bombeo, situación ésta que permite disminuir la variación de niveles en el extremo inferior del Complejo.

Desde el punto de vista deportivo se puede apreciar que las ondulaciones generadas no representan ningún reto para los pilotos de las embarcaciones puesto que su trayectoria es accidentada pero lineal sin **cambios bruscos de dirección en el vector velocidad y, por ende, "aburrída"**. No obstante, esta condición de flujo pudiera ser el inicio del diseño del canal de aguas rápidas que, a la postre, debe permitir el tránsito de embarcaciones con una muestra de las condiciones de flujo observadas se puede apreciar en la figura 8 adjunta que, desde el punto de vista cualitativo, logra generar perturbaciones transversales a la corriente de una forma sistemática y previsible.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 8: Condiciones de Flujo con elementos transversales

6.1.3 Disposición de obstáculos en fondo y márgenes

La instalación de elementos que perturben las líneas de corriente del flujo en todas direcciones es, el objeto del siguiente paso en la experimentación. El canal se trabaja por módulos o ciclos donde se pretende lograr en cada uno de ellos determinados elementos solicitados por los atletas; entre ellos: flujos concentrados de alta velocidad, elementos de bifurcación de flujo (islas), elementos direccionadores de flujo en sentido transversal a la corriente principal, obstáculos que permitan la generación de remolinos y áreas de quietud y algunos otros fenómenos o efectos tan descriptivos como su nombre "chupadoras", "lloronas" y otros que usualmente se generan al pie de caídas o flujos concentrados con desniveles artificiales.

En la medida de lo posible, los cinco (5) tramos, objeto de estudio contaron con sectores de aceleración, contracorriente, turbulencia y flujo transversal. En el subcapítulo siguiente se hace una descripción general del modelo y de los obstáculos propuestos para lograr el efecto deseado.

Los criterios adoptados para la selección y optimización de un módulo en particular fueron:

1. La profundidad mínima en todo el trayecto debe ser de 45 cm.
2. Las velocidades deseables en la corriente principal estará entre 1 y 2 m/s.
3. Debe existir al menos una "caída" del nivel de agua.
4. Existirán, al menos, cuatro cambios en la trayectoria de la embarcación.
5. Cada módulo podrá instalar, en cada de ser necesario, una puerta roja y dos (2) puertas verdes para las competencias de slalom.
6. En dos (2) módulos en particular, se deberá lograr la contracción del flujo con la consiguiente aceleración del flujo y cambio en la altura del agua.

Para el seguimiento del efecto que los diversos obstáculos que se generan en la corriente, se dispuso de un bote a escala para la práctica de Rafting (ver figura 9) que supuso una gran ayuda al momento de decidir la conveniencia de un determinado objeto o, si por el contrario, las ondas que generan podrían desestabilizar la embarcación o estancar su posición.



Figura 9: *Balsa Neumática a Escala 1:100*

6.2 Análisis

Como ya se mencionó, el análisis de los experimentos y observaciones realizadas ha sido ejecutado a medida que se desarrollaban las diversas actividades de configuración de cada uno de los módulos en que se subdividió al canal. De cualquier forma, el micro modelo y las relaciones obtenidas nos permiten definir los siguientes elementos hidráulicos para el prototipo:

- **Profundidad:** del flujo en el canal adecuadas y suficientes para que cualquiera de las embarcaciones deportivas adoptadas como diseño puedan transitar por su cauce. Se estiman valores entre 50 y 200 cm en todo su recorrido.
- **Velocidad:** del flujo en el canal variable con extremos en aquellas áreas donde se concentra el flujo y que se espera se encuentren alrededor de 2,0 metros por segundo hasta espacios de quietud con velocidades nulas o de poca significación.
- **Caudal:** las experiencias realizadas confirman valores de caudal que oscilan entre 4 y 5 m³/s para el canal de aguas bravas que, cuando opera simultáneamente con el canal de aguas rápidas requiere de 8 a 10 m³/s.

Desde el punto de vista formal, el análisis de los resultados experimentales obtenidos culmina con la configuración de sus singularidades que se presenta a continuación.

6.3 Micro Modelo Definitivo

Se ha denominado Micromodelo definitivo a aquella configuración que logra, en un trayecto de casi 400 metros de longitud, salvar 6 metros de desnivel con aguas torrenciales que obligan a los deportistas a vencer obstáculos de diversa complejidad y de bajo riesgo.

Desde el punto de vista físico e hidráulico podría ser descrito como un canal trapecial revestido y pendiente longitudinal que varía entre 1,20 % y 2,0% pero que, desde el punto de vista funcional podrá ser descrito en siete módulos (ver Anexo 17); ellos son:

- a) **Canal de aproximación:** con una longitud aproximada de 35 metros es el espacio comprendido entre la cinta transportadora y el inicio propiamente dicho del canal de aguas bravas. La velocidad del agua en este tramo es inferior a 30 cm/s para que permita la preparación de los competidores. La profundidad, para el caudal de diseño es de 2,00 metros y culmina en un vertedero trapecial de cresta ancha con un ancho vertiente variable entre 8 y 11 metros y que responde al inicio del primer módulo de aguas bravas.
- b) **Módulo 1:** es el más largo de todos, contando con una longitud total de 104 metros, se inicia con una caída de agua, denominada usualmente como "lengua" que establece la entrada vertiginosa desde las corrientes tranquilas del canal de aproximación hacia el canal de aguas bravas. El primer tramo de este módulo concentra el flujo en su centro aumentando cada vez más la velocidad hasta conseguirse con 3 obstáculos centrales que bifurcan las aguas y obligan al piloto a evitar el contacto con ellas. El tramo culmina con una paleta direccionadora que obliga a tomar el segundo módulo en forma transversal. En su recorrido se ha previsto la eventual instalación de dos (2) puertas rojas para las competencias de slalom.
- c) **Módulo 2:** por su configuración, las aguas en él hacen cambios consecutivos de dirección que requieren de un piloto experimentado para sortear todos los obstáculos. El zigzagueo propio de este módulo crean velocidades muy variadas que alcanzan valores cercanos a los 2 m/s en sus recorridos centrales hasta una diversidad de áreas de sosiego que pudieran requerir del impulso humano para su abandono. La longitud de este tramo alcanza 60 metros y se ha pensado que permite alojar una puerta roja de baja dificultad.
- d) **Módulo 3:** es el tramo de mayor velocidad media debido a una serie de espigones laterales que confinan el flujo en su tramo central y lo dirigen

hacia el módulo siguiente. Debido a las altas velocidades que se espera alcanzar es necesario contar con un piloto experimentado que impida el volcamiento de la balsa. Tiene una longitud de 86 metros y permite instalar hasta 2 puertas rojas en su recorrido.

- e) **Módulo 4:** es un tramo de transición de 66 metros de longitud que permite disminuir la velocidad de la embarcación y orientarla hacia la caída y contracción de flujo que se genera al final de este tramo.
- f) **Módulo 5:** aunque es el de menor longitud (46 metros) en él se ha incorporado la "chupadora"; es decir, una onda estacionaria generada al pie de un caída de flujo que, en el caso que la embarcación pierda velocidad o cruce el área con una orientación inadecuada se mantendrá fija hasta que, gracias al esfuerzo de sus navegantes, logre evadir la fuerza de este vórtice.
- g) **Canal de calentamiento:** es el final del recorrido y donde se espera que las aguas se encuentren prácticamente estáticas. Es, desde el punto de vista del ciclo el área donde se recuperan fuerzas para iniciar el ascenso de la cinta y retomar la navegación del canal.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones:

La construcción de un Complejo de Aguas Bravas en la ciudad permitirá el acercamiento del hombre a la naturaleza permitiendo un espacio recreativo que impulse los deportes acuáticos en el país.

La construcción del modelo físico del Complejo de Aguas Bravas logro cumplir los objetivos planteados.

El complejo deportivo Aguas Bravas deberá estar conformado por los siguientes componentes:

1. Canales de aguas Bravas y Rápidos.
2. Canales de aproximación y calentamiento.
3. Edificio Principal con áreas destinadas para la organización deportiva y uso público.
4. Edificio para almacenaje, alquiler y mantenimiento de botes y elementos necesarios para el desarrollo del deporte en los canales del complejo.
5. Cinta transportadora, puentes y caminerías que permiten el desplazamiento interno.
6. Sistema de recirculación de las aguas.

El canal de aguas bravas deberá estar conformado por 7 módulos que permitan desarrollar las turbulencias, corrientes y ondas esperadas por cualquier atleta de estas disciplinas.

7.2 Recomendaciones:

Las Referidas dirigidas al Laboratorio:

Los modelos hidráulicos son el complemento ideal para cualquier actividad académica, razón por la cual es recomendable el fomento de esta actividad entre los estudiantes y profesionales del área.

La garantía de horizontalidad en el Micromodelo se ve seriamente afectada por cualquier inclinación o pendiente que tenga el suelo en donde se colocará; por lo que se recomienda un estudio y posible implementación de un

área acondicionada para la construcción y funcionamiento de futuros modelos hidráulicos impulsados por los estudiantes de Ingeniería Civil y profesores del departamento de Hidráulica apoyados por la Escuela y Facultad de Ingeniería.

Para futuras construcciones de modelos físicos se recomienda el uso de materiales impermeables y livianos para la facilidad de traslado y manejabilidad, siempre y cuando se conozcan las propiedades del mismo y su resistencia a agentes externos en la atmosfera como la temperatura.

Seria interesante el impulso para el estudio de la onda en el laboratorio de la universidad, de forma que para los módulos mencionados para el Micromodelo definitivo se estudiaran las oscilaciones de las ondas en la lámina de agua generadas por las alteraciones en la cota de fondo del canal.

La recuperación del funcionamiento normal del laboratorio de Hidráulica es uno de los agentes más importantes que se recomiendan, ya que las bombas dispuestas y el sistema de tuberías no están en buenas condiciones. Es importante destacar que la manipulación por parte de los estudiantes de equipos y elementos hidráulicos transmiten mayor cantidad de conocimientos que su lectura dentro de un salón de clases.

La precisión en la mediciones del cualquier modelo físico, están condicionadas a la precisión de los equipo y la adecuada percepción de estos por los experimentadores o laboratoristas, razón por la cual se recomienda la calibración previa de todos los equipos, la manipulación y familiarización con el instrumento de medición realizada por la misma persona, de forma tal que no hayan alteraciones importantes en la percepción de los resultados al momento de analizarlos.

Referidos al Micro modelo:

Los Micromodelos son representaciones físicas a escala reducida de una variedad de fenómenos que permiten observar con mayor claridad eventos hidráulicos difíciles de modelar matemáticamente por lo que se recomienda su uso.

Se hace necesaria la construcción de una baranda que permita el confinamiento de las aguas en su cauce y evite el ingreso de las personas de alta turbulencia. Se evidencia esta situación en los tramos cercanos a las progresivas 10, 170 y 348.

En la isla separadora y en algunos márgenes del canal es conveniente integrar los obstáculos laterales y la isla de manera que no se perciban elementos paisajísticos aislado sino por el contrario se creen espacios continuos de alto potencial recreativo.

La protección de los equipos bombeo en caso de sobrepresiones generadas al culminar las actividades diarias o por fallas en el suministro eléctrico, se minimizara instalando válvulas de retención en si descarga.

El Complejo de Agua Bravas debe mantener en sus edificaciones el concepto ecológico que le dio vida, por lo tanto se recomienda el diseño de una estructura sustentable y armónica con el entorno donde será emplazada y de acuerdo a las actividades que en ella se realicen.

Es necesario el modelo físico de 2 tramos particulares del complejo de aguas bravas, ellos son: la estructura de entrada siguiendo los lineamientos establecidos en el presente trabajo y la transición del modulo 5 al canal de calentamiento de tal forma que impida su perturbación.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- American Whitewater, (1999). The International Scale of Whitewater Difficulty, obtenido el 24 de Julio de 2010 en: <http://www.americanwhitewater.org/>
- Arellano, C., (2010). *Gigantes que desaparecen, Leonardo Da Vinci*, obtenido el 15 de Septiembre de 2010 en: <http://gigantesquedesaparecen.blogspot.com/>
- Bolinaga, J., (2007). *Mecánica Elemental de los Fluidos* (5ª ed.). Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, pp. 459 – 486.
- Boscan, C., (2004). *Enciclopedia de los Deportes de aventura*, Edimat libros, S.A, Madrid, pp. 30 - 59.
- Díaz, J., (2006). *Mecánica de Fluidos e Hidráulica*, Universidad del Valle, Cali, pp. 73 – 88.
- French, R., (1988). *Hidráulica de Canales Abiertos*, Mc GRAW-HILL, México, pp.647 – 682.
- Fuentes, R., (2001). *Modelos hidráulicos: Teoría y Diseño*, Lilian Salinas Ayala, Santiago de Chile, pp.1 – 180.
- Ganyet, R., (2008). Whitewater Park in Zaragoza (ESP). *Canoeing international*, No. 3, (2008), pp. 94 – 95, Segolene Paquet.
- Hydrostadium, (2001). White water Engineering, obtenido el 30 de Julio de 2010 en: <http://www.hydrostadium.com>
- Martínez, J., (2008), El canal de aguas bravas del Parque Metropolitano del Agua, obtenido el 30 Abril de 2010 en: <http://www.ciccp.es/revistait/textos/pdf/14jos%C3%A9%20Luis%20Mart%C3%ADnez%20Mazariegos.pdf>
- Méndez, M., (2001). *Elementos de Hidráulica de Canales*, Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, pp.17 – 68.
- Schleder, I., (2007). Slalom Racing World Championships 2007. *Canoeing international*, No. 3, (2008), pp. 29 – 31, Segolene Paquet.

- Sin Autor, (2010), Australia, La Salvaje costa Oeste de Tasmania, obtenido el 15 Agosto de 2010 en: <http://www.australia.com/es/articles/taswildwestcoast.aspx>
- Sin Autor, (2010), Deportes Extremos.net, Historia del Rafting obtenido el 2 de Agosto de 2010 en: <http://www.deportesextremos.net/piraguismo/historia-del-rafting.php>
- Sin Autor, (1990). *Enciclopedia Hispánica*, Encyclopedia Britannica Publishers, Inc, Estados Unidos, tomo 10, pp. 214 - 215.
- Sin Autor, (1990). *Enciclopedia Hispánica*, Encyclopedia Britannica Publishers, Inc, Estados Unidos, tomo 12, pp. 345 - 347.
- Sin Autor, (2010), Itaipu Binacional, Medio Ambiente, Canal de la Piracema, obtenido el 2 de Agosto de 2010 en: <http://www.itaipu.gov.py/index.php?q=es/node/231>
- Sin Autor, (2010), Una ruta literaria por Perú, Piedra de Saywite, obtenido el 12 de Septiembre de 2010 en: <http://www.dtlux.com/dolcevida/viajes/articulo/una-ruta-literaria-por-peru>
- Sin Autor, (2010), Tours de Rafting en Ecuador, Tour de Rafting en el Río Quijos – 1 Día (clase IV), obtenido el 15 Agosto de 2010 en: http://www.surtrek.org/rafting_rio_quijos.html
- Sin Autor, (2010), Venezuela Tuya, Rafting en Barinas Venezuela, Rio Siniguis obtenido el 15 de Agosto de 2010 en: <http://www.venezuelatuya.com/llanos/rafting.htm>
- Solana, P. (1980). *Mecánica Experimental de los Fluidos y los Modelos Hidráulicos*. Denominación: Trabajo de Ascenso; no publicado, Universidad Central de Venezuela, Caracas, 40 pp.
- Sotelo, G., (1974). *Hidráulica General volumen 1 Fundamentos*. Editorial Limusa, S.A, México, pp. 220 – 227.
- Suarez, L.M, (1982). *Ingeniería de Presas* . Ediciones Vega, Caracas, pp. 70 – 97.
- Vergara, M, (1995). *Técnicas de Modelación en Hidráulica*. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V, México, pp. 1- 168.
- Welles, P y Woods, A., (1992). *Enciclopedia ilustrada del deporte*, Voluntad S.A, Bogotá, pp. 210 – 211.

9 REFERENCIAS DE IMAGENES

1. *Canal natural de Aguas Bravas*: Sin Autor, (2010), Itaipu Binacional, Medio Ambiente, Canal de la Piracema, obtenido el 2 de Agosto de 2010 en: <http://www.itaipu.gov.py/index.php?q=es/node/231>
2. *Canal del Itaipu*: Sin Autor, (2010). Itaipu Binacional, Medio Ambiente, Canal de la Piracema, obtenido el 2 de Agosto de 2010 en: <http://www.itaipu.gov.py/index.php?q=es/node/231>
3. *Canal de Aguas Bravas de Schinias*: Hydrostadium, (2001). White water Engineering, obtenido el 30 de Julio de 2010 en: <http://www.hydrostadium.com>
4. *Canal de Zaragoza*: Martínez, J., (2008), El canal de aguas bravas del Parque Metropolitano del Agua, obtenido el 30 Abril de 2010 en: <http://www.ciccp.es/revistait/textos/pdf/14jos%C3%A9%20Luis%20Mart%C3%ADnez%20Mazariegos.pdf>
5. *Canal Penrith Whitewater, Australia*: Sin Autor, (2010), Australia, La Salvaje costa Oeste de Tasmania, obtenido el 15 Agosto de 2010 en: <http://www.australia.com/es/articles/taswildwestcoast.aspx>
6. *Parque Olímpico de Remo y Canotaje de Shunyi en China*: Hydrostadium, (2001). White water Engineering, obtenido el 30 de Julio de 2010 en: <http://www.hydrostadium.com>
7. *Deportista del Hidrospeed*: Sin Autor, (2010), Australia, La Salvaje costa Oeste de Tasmania, obtenido el 15 Agosto de 2010 en: <http://www.australia.com/es/articles/taswildwestcoast.aspx>
8. *Canotaje Slalom*: Sin Autor, (2010), Australia, La Salvaje costa Oeste de Tasmania, obtenido el 15 Agosto de 2010 en: <http://www.australia.com/es/articles/taswildwestcoast.aspx>
9. *Estilo libre*: Sin Autor, (2010), Australia, La Salvaje costa Oeste de Tasmania, obtenido el 15 Agosto de 2010 en: <http://www.australia.com/es/articles/taswildwestcoast.aspx>

10. *Rafting en Río Natural*: Sin Autor, (2010), Itaipu Binacional, Medio Ambiente, Canal de la Piracema, obtenido el 2 de Agosto de 2010 en: <http://www.itaipu.gov.py/index.php?q=es/node/231>
11. *Equipo para el Rafting*: Hydrostadium, (2001). White water Engineering, obtenido el 30 de Julio de 2010 en: <http://www.hydrostadium.com>
12. *Slalom en Rafting*: Hydrostadium, (2001). White water Engineering, obtenido el 30 de Julio de 2010 en: <http://www.hydrostadium.com>
13. *Descenso del Río*: Sin Autor, (2010), Australia, La Salvaje costa Oeste de Tasmania, obtenido el 15 Agosto de 2010 en: <http://www.australia.com/es/articles/taswildwestcoast.aspx>
14. *Base Aérea Generalísimo Francisco de Miranda*: Sin Autor, (1997), Conoce a Caracas, La Carlota, obtenido el 17 Agosto de 2010 en: <http://www.venezuelatuya.com>
15. *Parque "Francisco Miranda"*: Sin Autor, (1997), Conoce a Caracas, Parque del Este, obtenido el 17 Agosto de 2010 en: <http://www.venezuelatuya.com>
16. *Embalse de la Mariposa*: Sin Autor, (1997), Conoce a Caracas, La Mariposa, obtenido el 17 Agosto de 2010 en: <http://www.venezuelatuya.com>
17. *Laguito del Fuerte Tiuna*: Sin Autor, (1997), Conoce a Caracas, El Laguito, obtenido el 17 Agosto de 2010 en: <http://www.venezuelatuya.com>
18. *Construcción del Micromodelo*: Elaboración Propia
19. *Construcción del Micromodelo*: Elaboración Propia
20. *Construcción del Micromodelo*: Elaboración Propia
21. *Construcción del Micromodelo*: Elaboración Propia

22. *Construcción del Micromodelo*: Elaboración Propia

23. *Tubería de Alimentación al Micromodelo*: Elaboración Propia

24. *Traslado del Micromodelo a la UCAB*: Elaboración Propia

25. *Traslado del Micromodelo al Laboratorio de Hidráulica*: Elaboración Propia

26. *Tubería de Alimentación al Micromodelo*: Elaboración Propia

27. *Medición del Tirante de Agua*: Elaboración Propia

10 ANEXOS



ANEXO 1: Reglas de Federación Internacional de Rafting

International Rafting Federation

Race Rules

Taking effect from 1st April 2010

INDEX:

- A. Race Classifications
- B. Teams and Competitors
- C. IRF International Rafting Competition Calendar
- D. Minimum entries
- E. Race format
- F. General Competition rules
- G. Scoring System
- H. Rafts and equipment
- I. Bibs and flags
- J. Safety at/on the river
- K. Officials and duties of officials
- L. Protest
- M. Judges
- N. Doping
- O. Prize giving and awards
- P. Invitations, entries and confirmations

DEFINITIONS USED:

- IRF = International Rafting Federation
- BOD = IRF Board of Directors
- S & C Com = Sport & Competition Committee

A. Race Classifications

1. A-Level competitions:

- a. include:
 - i. World championships held bi-annually;
 - ii. Olympic Games or World Nature Games held every four years;
 - iii. World Cup, consisting of a series of 3-5 races in a year held on a minimum of two continents.
- b. A World championship event (including flatwater and coastal rafting) must have at least 3 continents represented.
- c. There should be a minimum of 8 nations competing in the men's category, and 4 in the women's category.
- d. Each member federation may enter only one team in each of the men's and women's categories. The host nation automatically qualifies for entry.
- e. All competitors must be members of their member federation, must be fairly selected and nominated by their member federation, and must be official permanent residents or citizens of the country racing. This selection should be done by winning fair and credible national selections.
- f. The member federation must be an up-to-date member of the IRF.
- g. In the Olympic Games team members must be selected according to the IOC rules i.e. they must carry the passport of the nation they represent.

2. B-Level competitions:

- a. These are regional championships which should be held at least bi-annually, in each of Pan-America, Australasia, Europe and Africa.
- b. Each member federation may enter two teams in each of the men's and women's categories.
- c. There should be a minimum of 3 nations competing in each class.
- d. Qualifications of a member federation for the next World Championship may be based on the results of this event.
- e. All IRF members are allowed to race but only nations of that particular continental region will be awarded medals.
- f. All competitors must be members of their member federation, must be fairly selected and nominated by their member federation, and must be official permanent residents or citizens of the country racing. This selection should be done by winning fair and credible national selections.
- g. There must be a minimum of three nations participating in the event for it to be recognized by the IRF. In the event of there being less than three participating nations, the S & C Committee will decide to recognise the event or not on a case by case basis.

3. C-Level competitions:-

- a. Includes any international raft race held according to the IRF Race Rules.
- b. The team members may be of any nationality, country of residence or sex.
- c. There is no requirement that nomination comes through a national rafting body but it is highly recommended.
- d. A team carries the nationality of the majority of team members. In the event of no majority, the team captain decides on the nationality.
- e. Pre-events for World Rafting Championships fall in this category – however, teams must be members of their national federations and their federations must be up-to-date members of the IRF. In case the pre-event's organizer sets any specific conditions in respect of participation of teams (limits on number of rafts per nation etc.), such conditions have to be made known early enough (at least 3 - 6 months in advance).

4. D-level competitions:-

- a. Include any national raft race held according to the IRF Race Rules.
- b. Team members should be members of their member federation.
- c. If the event is to be a National Selection, all teams must be given a fair chance to enter and win.
- d. National raft races do not have to be run to IRF Race Rules, but it is highly recommended that they be, in order to ensure the high standard of racing in higher level competition.

Notes

- The figure of 4- or 6-team members is compulsory for all A, B and C-Level events and applies to all disciplines!
- The IRF will support any kind of raft race worldwide if a timely request is made to it, and if the event will be run within the Declaration and the Statutes of the IRF.

B. Teams and Competitors

1. Only competitors who are members of their national rafting bodies who in turn are members of the IRF have the right to participate in an approved international rafting event.
2. A competitor may not compete for more than one Rafting Federation in any one calendar year. This rule does not apply in the case of changing residency or citizenship by marriage. In all cases of a change in residency or citizenship, once confirmed, the former rafting federation has no right to prevent the competitor/s from racing in an event.
3. In the case of residents holding the passport of a different nation, the current National Rafting Federation must prove official permanent residency to the satisfaction of the S & C Committee. Such cases should be brought to the attention of the race organisers as early as possible so that approval may be given by the S & C Committee prior to the deadline for entries.
4. Proof of residency or citizenship must be given on demand to the organizing committee and the IRF Sports & Competition Committee.
5. Competitors are allowed to race in both the class of 4-person rafts and the class of 6-person rafts in a single event when both categories are raced.
6. There is only one reserve per team allowed. Only the nominated reserve can be substituted into a team. Multiple substitutions can be made in the ongoing event in any single discipline but must be announced

each time to the race director or chief judge in advance. Substitutions may not be made during a single discipline.

7. Competitors may participate in an IRF event in the calendar year in which they turn 16, but not earlier. The event's organizer shall comply with all domestic legal regulations in terms of liability under 18 years, i.e. the organizer shall arrange that all necessary waivers etc. are signed in advance. Similarly, particular national federations shall arrange that all team members comply with legal regulations of their own country in terms of liability under 18 years.
8. Youth raft races may be held alongside IRF events if prior approval of the S & C Committee is obtained. A competitor shall be considered as falling under the youth category from the calendar year when he/she turns 16 until the calendar year when he/she turns 19. All team members shall be of the prescribed age in order to compete within the youth category.

Youth raft races may be held also at the A or/and B level if approved by the S & C Committee. These races can be run separately from the senior competitions. A bi-annual schedule is recommended. A Youth World championships event must have at least two continents represented. There should be a minimum of 6 nations competing in the men's category, and 3 in the women's category.

All youth raft races shall be limited to maximum class 3 rivers.

All other rules shall be applied accordingly for the youth category.

9. Masters raft races may be held alongside IRF events if prior approval of the S & C Committee is obtained. A competitor shall be considered as falling under the master's category from the calendar year when he/she turns 40. All team members shall be of the prescribed age in order to compete within the master's category.

Masters raft races may be held also at the A or/and B level if approved by the S & C Committee. These races can be run separately from the senior competitions. A bi-annual schedule is recommended. A Masters World championships event must have at least two continents represented. There should be a minimum of 6 nations competing in the men's category, and 3 in the women's category.

All other rules shall be applied accordingly for the masters category.

10. The team that wins their National Selections (which are not necessarily their National Champs) is the team that goes to the World Championships;
11. This team must have a minimum of 4 for R6 or 2 for R4 of the original competitors that won at their National Selections (unless selections are more than 1 event);
12. If the above team is unable to go, the team that came second is to be offered the spot and so on down the order.
13. If the first team cannot go this decision must be made timeously (at least 6 weeks ahead of Worlds) so that the second team has time to plan and get to the event.
14. Any deviations from point 9,10,11 or 12 by the national rafting body should be in the interest of the rafters and if queried by anyone, must be explained to and accepted by the IRF Sport and Competition Committee.
15. National Selections should be run on no less than Class 3 rivers. National Federations must be confident that the team they select for any event is capable of paddling the Class of river on which that event is to be held. The IRF S & C Committee or event organisers are within their rights to refuse a team's entry if their paddling capabilities are in doubt.

C. IRF International Rafting Competition Calendar

1. General

- a. The IRF will maintain an events list to the best of its ability on the website (www.intraftfed.com)
- b. All A, B, C and D level events must be advertised on the IRF website in order to be recognised by the IRF.
- c. Organisers of these events or member federations must ensure the event and contact details are sent through to IRF Administration. The information should include the date, venue and section of the rivers for each rafting discipline, type of race (R4, R6), accommodation, transport, entry fees, training possibilities and other relevant information in advance of the competition.

2. A and B level events

- a. Bidding for A and B level events is to be done according to Annex C of the IRF Bylaws.
- b. Bids should include details of any requests for changes or variations to IRF Competition rules (for example, but not limited to, elimination of head to head events, number of teams participating in disciplines) with the motivation for such changes.

D. Minimum entries

1. If there are less than the minimum requirements for entries, the organizers may apply to the S & C Committee for recognition of the event.
2. It is not necessary that the required minimum number of nations finish in all the disciplines of the competition for the results to be valid.

E. Race format

1. General:

- a. Ideally, rafting competitions consist of 4 disciplines: - Sprint, Head to Head (H2H), Slalom and Downriver race.
- b. In A and B level events, all disciplines must be raced. In C level events, there is no obligation to race in every discipline.
- c. In A and B level events the order of disciplines should be: - Sprint, H2H, Slalom then Downriver.
- d. The start and finish line should be marked clearly with a line across the river or with buoys or poles on the left and right sides. This is to be done 24 hours before every race. The race director has a right to change that start position due to unusual circumstances (e.g. changes in water level).
- e. In A and B level events the downriver race must include a Class 4 or 5 rapid. This is also preferable for C and D events as well. (If teams are being selected for World Championship events at their National Selections, they should be able to paddle Class 4 at least.)

2. Sprint

- a. Every rafting competition should start with the sprint
- b. The starting order of the sprint has to be drawn out of a hat.
- c. The start interval may not exceed 3 minutes and the duration of a single run should be in an interval from 1 minute to 3 minutes.
- d. Sprints should not be held in Grade V river sections.
- e. Training runs in the sprint are not mandatory.

3. Head-to-head (H2H)

- a. Teams race in pairs, head to head in a knock out format. It is recommended that the H2H immediately follow the Sprint.
- b. The H2H should be held on a section of river where scouting the course is viable.
- c. All teams qualify for the H2H, nevertheless only a limited number of teams proceed to the stage two of the competition. Based on results of the sprint some teams proceed directly to the stage two and the rest have to compete in the stage one in order to proceed further. The "H2H System Form" defines which teams proceed directly and which need to compete in the stage one (see the form - another relevant information is included in the same document). The stage two consists of a regular knock out format of the last 2, 4, 8, 16, 32 etc. The race order is specified in the respective "H2H Race Order Form" (see the form/forms).
- d. In the Stage 1 and the first round of the Stage 2 the team with the faster time in the Sprint has lane choice. Thereafter the team with the faster time in the previous round has lane choice.
- e. The winners of the semi-finals race in the A final to determine first and second positions. The losers of the semi-finals race in the B final to determine third and fourth positions. The final position of all other teams is determined by their ranking against the other teams knocked out in the same round using their time from that round. For example, the 4 teams knocked out in the quarter finals are ranked by their times in that round and based on their ranking take the positions 5th to 8th.
- f. The start line should provide fair conditions to both teams. It is suggested that the route for each team be clearly marked to the top of the first rapid. Crossing the marked line after the race start by any part of boat, body or equipment is penalized by 10 secs.
- g. Race intervals in a single round should not exceed 3 minutes and the duration of a single run should be between 1 and 2 minutes.
- h. Teams late for their start may forfeit their run.
- i. Practice runs in the H2H are mandatory.
- j. H2H starting positions shall be set up as fair as possible especially considering the respective lines. At the World Championships there shall be an official set up of the starting positions made through test runs held one day prior the H2H race. These test runs shall be obligatory for 10 teams chosen as follows: 6 teams drawn out of a hat from the top 10 teams of the overall

standings of the last World Championships in the men category and similarly 4 ladies teams out of the first 6 teams at the last World Championships. These 10 teams shall form 5 pairs whereas each pair shall do 2 test runs so that each team uses both lines. The event organizer together with the race jury shall make sure that the test runs help have the starting positions as fair as possible. Captains of the 10 chosen teams can be also heard, nevertheless the jury has the last word.

4. Slalom

- a. The slalom should be held on a section of a river where access for scouting the course is viable.
- b. The slalom consists of two runs. The faster run counts for points.
- c. There should be a minimum of 8 gates and a maximum of 14 gates of which a minimum of two and a maximum of six should be upstream gates, distributed equally for left and right approach.
- d. The minimum width of the gates should be 2,50 meters. They should hang so that the base of the pole is between 50cm and 1m above the water (considering pulsing of water and type of boat and with respect to fair and easy judging). Down river gates are preferably in green and white color and upstream gates in red and white color. Minimum length of poles is 2 meters. Minimum Diameter 0,070 meter. Gate number plates should be fastened inside the top of each gate. The poles virtually delimit the area of the gate. The gate is therefore only between the poles, not outside them.
- e. The course should be ready for inspection by the jury ideally 24 hours but no less than 2 hours prior to the first run and is subject to change by a vote from those jury members.
- f. Gates must be negotiated in numerical order. A gate is "live" for penalization until the next one is passed or touched.
- g. A gate is passed correctly if all team members are in the raft and their heads pass between the poles.
- h. Penalty points will be awarded as follows:-
 - Touching one or both poles of a single gate = 5 points
 - Missing a gate by one or more team members = 50 points
 - Negotiating a gate in the wrong direction = 50 points
 - Missing gate(s) by pre running or touching higher numbered gates = 50 points each gate
 - Incomplete teams over the finish line = 50 points
 - Going upside down through a gate = 50 points
 - Points for intentional displacement of a pole = 50 points
- i. The points will be added to the racing time in seconds.
- j. In the case of a tie, the slower runs are compared.
- k. The start intervals should be between 1 and 4 minutes and the duration of a single run should be between 3 and 4 minutes.
- l. Teams late for the start may forfeit their run.
- m. The finish line is also judged.
- n. Training runs in the raft slalom are not mandatory.
- o. If possible, the starting order should be in reverse order according to the total previous achieved points, so the highest ranked team will start last.
- p. Single pole gates may be used for upstream gates only.

5. Down river race

- a. The down river race is the most demanding of all disciplines and therefore highest ranked in the point system.
- b. The total duration of a down river race should be between 20 to 60 minutes depending on the rapids and access to the river (the duration of the down river race would be submitted at time of proposal to the IRF).
- c. The race should be started in groups of between 4 and 8 rafts depending on the river situation. However, if the possibility exists for more than 8 rafts to start simultaneously then this figure should be chosen.
- d. The start line should be as fair as possible for every team but due to river conditions this is often impossible. Therefore teams will be allowed to select their starting position in order from highest ranked to lowest ranked according to the total previous achieved points.
- e. If multiple groups are raced one immediately after the other then the highest ranked teams race in the first heat, the next ranked teams in the second, and so on.
- f. Intervals between the groups should be a minimum of one minute.
- g. The results of the down river race are determined by the final racing times irrespective of starting position or group.

- h. Le Mans starts can be considered if there is a river beach with sufficient space for rafters to run towards the lined up rafts at the shore. All the teams must stand behind a clearly marked line at the start.
- i. Yachting starts are allowed where the river has sufficient space for all boats in the start group to cross the start line side by side. Slalom poles or floats are to be used to mark the start lanes. Rafts can be going as fast or slow as they want but can not cross the start line before the race start.
- j. To prevent false starts each raft should be held back by a pre-starter (water starts).
- k. Teams late for the start may forfeit the race.
- l. Training runs in the raft downriver race are mandatory!

F. General Competition rules

1. Flips are no reason for disqualification as long as the raft has been re-flipped and all team members are inside the raft when crossing the finish line. Failing to have the raft re-flipped and all team members inside the raft (feet outside the water) when crossing the finish line results in a 50 second time penalty.
2. No intentional physical contact (paddle to paddle, person to person, person to paddle/raft) is allowed at any stage of a race. This includes ramming. Time penalty per infringement: 10 seconds.
3. Intentional blocking of teams wishing to pass is illegal. Intentional blocking is defined as the intentional changing of direction intended with the aim of impeding the progress of another raft. Time penalty per infringement: 10 seconds.
4. In the event of a team member being unable to continue due to injury, the team may only continue once the injured party has been handed over to the satisfaction of the safety/medical personnel.
5. Outside assistance (by persons other than team members) is prohibited during the race with the exception of dangerous situations. The penalty for this is disqualification from the run.
6. After runs, teams must, if requested, assist the operations personnel in carrying rafts back to the start or loading the trailers for transport. Arrangements will be stated at the previous captain's meeting.
7. Captain's Meetings for A and B level events:
 - a. The first Captain's meeting must be held the night before the first official day of the event. The event program/schedule is to be provided to all team Captains at that time.
 - b. Subsequent meetings should be held the day prior to each competitive discipline
 - c. Written minutes are to be provided to all the captains at the end of the meeting if there is any deviation from the rules or within an hour where possible.
 - d. The Captain's meeting room should be a room of its own with no other activities during the meetings.
 - e. Only Captain's and, where needed, their interpreter's are allowed into the captain's meetings. Exceptions are to be applied for to the Chief Judge.
 - f. Captains are to sign off on the meetings minutes and race rules in case minutes are provided as per art. F7 c).
8. Captain's meetings for C and D level events should be held the day prior to each competitive discipline.
9. In every event the timing starts when the starter gives the command go and the pre-starter(s) simultaneously release the raft(s) or when first part of raft crosses the starting line. Where the start is not measured electronically, the starter can ask for paddles to be off the water until he gives the command "Go".
10. Electronic timing is mandatory for A and B level events.
11. The timing stops when any part of the raft first crosses the imaginary finish line. All members of the team must be inside the raft otherwise a 50 second time penalty will be given.
12. A time penalty (50 seconds) will be given to any team trying to cheat the start signal. If a false start occurs the start must be repeated. Any team that receives a second warning is automatically disqualified from the discipline. The vacant starting position will not be filled by another team.
13. In a case where there is a tie in points, teams are to select their starting positions by drawing it from a hat or flipping of a coin. If teams are tied for positions in the Downriver, if possible they are to be kept in the same group where possible.
14. At the end of the competition, in the unlikely event of two teams having equal points overall, the winner of the Slalom is to be given first place.

15. Gate judges and section judges are to be provided with an isolated or roped-off area and competitors can be penalised for not moving out of this area when requested to do so by any Judge.
16. Should any team or team member at an IRF sanctioned event be found guilty of bringing the sport into disrepute, that team can be sanctioned. Such behaviour could include, but is not limited to, indisputable bad sportsmanship or behaviour, and/or flagrant disregard of IRF race rules, event rules or legitimate requests made by the race officials or event staff. The Race Jury at the event can be advised of the occurrence by anyone in writing within 24 hours of the occurrence believed to have brought the sport into disrepute, and should meet as soon as possible thereafter to hear, separately or jointly, evidence in mitigation and aggravation. The sanction should be appropriate to and dependent upon the severity of the offence and can be through any means available, including but not limited to; no points for that event, no points for the entire competition, or expulsion of a team or competitor from an event or discipline without refund of any entry fees paid.
17. If a team gets disqualified from a particular discipline, that team gets no points in the discipline. If a team gets disqualified from the event, that team loses the right to compete in the remaining disciplines.
18. If a team doesn't finish a race, that team gets no points for the race.

G. Scoring System

1. Teams are awarded points in each discipline according to their finishing position.
2. The maximum points awarded are:

Sprint	100
H2H	200
Slalom	300
Down River Race	400
Total	1000
3. The points awarded to each team are calculated as a percentage of the maximum points available as follows:
 - 1st place - 100%, 2nd place - 88%, 3rd place - 79%, 4th place - 72%
 - 5th to 18th place - less 3% each place, 19th to 32nd place - less 2% for each place. (32nd place will therefore receive 2% of points.)
4. The overall results are determined by ranking teams according to the total points achieved during the competition.

H. Rafts and equipment

1. Rafts used in IRF competitions are the basic AVON symmetric river raft design used worldwide by various outfitters and wild water enthusiasts or identical boats provided by the organisers and approved by the S & C Committee.
2. Ideally, all rafts should be self-bailing and meet the following specific requirements:

Type	4-person	6-person
Minimum length	3,65 m (12 foot)	4,25 m (14 foot)
Minimum width	1,70 m	2,00 m
Thwarts	2	3
Foot cones	4 - 6	6 - 8
Min. tube diameter	0,45 m	0,50 m
Minimum weight	40 kg	50 kg
3. All rafts must provide a safety line around the outside and a bow line in front, fixed by a minimum of 6 and a maximum of 10 D-rings. Carrying handles are allowed.
4. Any other ropes and rigging are, for safety reasons, strictly prohibited.
5. Every raft must have a minimum of one foot cone (no foot loops or ropes) per person at the seating position. Ideally, cones are fixed by the manufacturer in advance.
6. The floor should be of standard drop stitch or I-beam construction using soft material and, preferably, be laced in rather than glued. Pressure release valves in floors are recommended.

7. Every competitor is free to use his/her own single blade C1 paddle. Oars are banned.
8. Anyone found tampering with a raft will receive at least a time penalty on their team's next discipline and possibly sanctioning as mentioned in F.16 above. The time penalty will be decided by the Race Jury and will be in accordance to the severity of the tampering and the time length of the next discipline. Tampering entails but is not limited to inflating the rafts above the specified pressure, blocking valves and changing the raft in any way to give the team an advantage.
9. For A and B level events the event organisers are to provide identical rafts numbering at least half the number of teams present, plus 1 or two spares.

I. Bibs and flags

1. A-, and B-Level events:
 - a. Every competitor must wear a bib to identify his/her team's nationality. Bibs should have the national flag with the abbreviation of the nation printed on the front (e.g. USA-1, GER-2, RUS-1, ITA-2, NZL-1, ZIM-2, BRA-1, etc). The back side and the lower front side is reserved for sponsor logos only.
 - b. Each team member is fully responsible for his/her bib. A deposit may be required from each team when bibs are issued.
 - c. The front of each raft should display the national flag of the participating team. The flag should be at least 30 x 40 cm and be fixed securely to the front of the raft right way up.
 - d. The IRF flag must be present at the race site.
2. C-, and D-level events:- the requirements for bibs and flags are optional.

J. Safety at/on the river

1. Every competitor must use his/her own personal safety equipment during the entire race. The safety equipment consists of a buoyancy aid/life jacket with a minimum flotation of 7 kg (which may be checked and marked by an IRF judge or a member of the organising committee prior to start in a basin or barrel) and a safety wild water helmet according to the European CE /USA standard. Organisers are given the option to increase the minimum buoyancy of lifejackets if the river is a high volume river or for any other safety reason.
2. The organising committee may specify particular clothing requirements. If the expected water temperature demands a wet or dry suit the organizing committee must announce in the race program three months prior to the event the minimum thickness of the wet suit material recommended. The IRF recommends wearing a neoprene- or dry suit for water temperatures below 15 degrees Celsius.
3. It is compulsory for the Downriver race and recommended for the Sprint, H2H and Slalom that at least one team member carry a flip line, a knife/ rope cutter and a 12 m or longer throw bag. The same is not mandatory when the Downriver is held on an artificial course.
4. Prior to the start of the first race, the safety director or a delegated member of the safety team may check the safety equipment. The chief starter or a delegated starter can do the same too. Any team not complying with the safety requirements will not be allowed to continue until the safety requirements are met. A team's run may be forfeited if they do not satisfy the safety requirements by their allocated start time.
5. The safety director has the right to stop the competition immediately if any hazards to the competitors and/or officials arise.
6. In safety issues the safety team has the final say. All teams/competitors must follow the orders of the safety personnel. If they require a raft to stop or help with a situation, they will give a specified signal and this must be obeyed. This signal will be notified at the captain's meeting prior to that event. Any team ignoring race or safety officials or showing disregard for their own or other's safety may be penalised and/or disqualified from the event.
7. In any event competitors take part at their own risk. Neither the IRF, sponsors nor organizers bear responsibility for accidents or damage that may occur during a competition. Every participant, including organising staff and competitors, is obliged to act in a safety conscious manner at all times so as to minimize the risk of an accident or damage.
8. Under no circumstances will the IRF endorse a competition held on class VI wildwater.

K. Officials and duties of officials

- 1. Head of the organizing committee / Event director:**
 - a. He/she is responsible for the overall running of the competition and coordinating all local preparations.
 - b. His/her responsibilities include entries, dealings with local authorities, staff, safety team, media releases, technical and raft equipment, prize giving, and lodging of the officials and competitors.
- 2. Race director**
 - a. He/she runs the races according to the IRF race rules.
- 3. Safety director**
 - a. He/she, together with the rescue team, is fully responsible for safety during the competition.
 - b. He/she is able to call for an immediate stop to the competition if he/she considers that any dangerous or potentially dangerous situation arises or the river level reaches a pre-determined cut off level.
- 4. Chief judge and jury**
 - a. The chief judge ensures that the entire competition is run correctly in accordance with the IRF race rules.
 - b. Together with two other jury members (race director and one other independent person) he/she receives protests concerning non-observance of the IRF rules and may disqualify a competitor or a team. He/she may also grant a re-run if the protest is successful although he/she is under no obligation to do so. All decisions of the jury must be in accordance with the IRF race rules.
 - c. In the event of a tie vote and matters not covered by the IRF rules, the chief judge decides.
 - d. After the event he/she provides a full report to the S & C Committee within one month.
- 5. Chief starter**
 - a. He/she ensures that the teams are in the correct racing order and gives permission to start.
 - b. He/she will be assisted by another starter/pre-starter for each additional raft to ensure that the start is as fair as possible and to prevent a false start. Rafts are always held from the stern at the start, preferably by the outside line/rear handle or a loose end rope.
 - c. He/she can refuse to start a team if the team or a single team member fails to respect the safety rules, is late for the start, is not wearing the issued bib(s), or does not follow the starter's orders.
 - d. In the event of a false start, he/she will stop the race immediately and give the team responsible an official warning. In the case of a second false start caused by the same team he/she must disqualify the team from this particular race.
 - e. He/she announces a countdown to the teams at the start according to the start interval: 5 minutes, 2, 1, 30 seconds, 15, 10, 5, 4, 3, 2, 1, Go!/blast/horn/gun.
- 6. Section Judge**
 - a. He/she is in charge of a section of the river, including the slalom gate judges in that section.
 - b. All section judges must be approved IRF General Judges. The section judge will transmit the penalties to the chief of scoring as soon as possible by radio, phone or running personnel.
 - c. If a section judge sees evident discrepancy in judging, they can overrule immediately.
- 7. Gate and finish line judges**
 - a. Two gate judges are required for each section or single posted gates of the slalom course.
 - b. The gate and finish line judges must be able to be positioned on river left and river right.
 - c. They watch the rafts coming down the course in the right order and give clearance or indicate a penalty according to the IRF racing rules.
 - d. They must write down the reason why a penalty was given.
- 8. Finish judge**
 - a. He/she determines when the teams have crossed the finish line and in what order and coordinates with the chief starter. He/she will be assisted by and work closely with the timekeepers.
- 9. Time keeper**
 - a. He/she is responsible for keeping the exact time and transmitting this to the chief of scoring.
 - b. A separate back up timing must be in place in case the official timing fails.
- 10. Chief of scoring**

- a. He/she is responsible for calculating the results according to the IRF scoring system and to publish them ASAP after the event has finished.

11. Course designer

- a. He/she is responsible for designing the slalom course. He/she is, in general, the race director and is assisted by the chief coach of a participating country.
- b. He/she is responsible for proper hanging of the gates and ensures that the course is maintained in its original design during the slalom race. He may interrupt the ongoing slalom race if a gate has changed position for any reason.

12. Media Liaison

- a. He/she is responsible for ensuring the daily results of the A and B level events are up on the IRF website as soon as possible.
- b. They are responsible for collecting and collating as much media as possible that comes out of this event and ensuring it is made available to teams and IRF members through the IRF website.

NOTE: - Officials 1-2,4-8,10-11 must be approved IRF judges.

L. Protest

1. In the sprint, H2H and down river race protests must be lodged by the team captain to the Finish Judge within 5 minutes of completion of the run or race. In the slalom, protests must be lodged by the team captain to a jury member within 15 minutes of the posting of provisional results.
2. Protests are to be made in writing on the forms available from the Finish Judge or Jury Member.
3. Protests are to be heard in a secluded area in which only the jury and the team captain (or team member making the complaint) will be. This enclosed area should have technical facilities to view video or other relevant material if possible.
4. The protest fee is USD or EURO 100,00 and must be paid as a deposit with the written protest. No cash, no protest!
5. Video/TV evidence is legal.
6. If the protest is successful the money will be returned.

M. Judges

1. Judge Categories

- a. Race Judges fall into the following categories: Assistant Judges, General Judges, Chief Judges and Assessor Judges.
- b. Assistant and General Judges' certifications lapse after 2 years unless they prove they have worked at a minimum of 2 events during the past 2 years.
- c. Assistant Judges must know sections A, B, E, F of the race rules in depth. They can judge slalom providing there is more than one judge per gate and they are supervised either by a Chief Judge or an Assessor.
- d. General Judges must have judged at a minimum of 2 events during the preceding 2 years. General Judges can be provisionally appointed if they pass the exams but have not done the time at events;
- e. General Judges should have a thorough knowledge of sections D, E, F, G and a working knowledge of the rest of the rules.
- f. General Judges wishing to become Chief Judges must apply to the IRF Sport & Competition Committee. They will be assessed on their time spent judging at events as well as the judging assistance they have been providing at these events and their knowledge of the rules.
- g. Chief Judges can be Event Chief Judges on B, C and D level races but not on A level races.
- h. Assessors will be appointed by the IRF Sport & Competition Committee and are to be proposed by another Assessor. As part of their assessment they will be asked to assist or even run a workshop with another Assessor.
- i. Assessors' duties include being on the Sport & Competition Committee, judging as Chief Judges on all event levels, being part of an event Jury when appointed as well as being an assessor of IRF judges.
- j. Chief Judges may assess Assistant Judges.
- k. Assessments of Judges must follow a specific procedure as defined by the S&C Committee.

2. Judge Exams:

- a. Education and examination of IRF judges will be organised by the IRF Sports & Competitions Committee. Any examination of IRF judges must meet the requirements set down by this committee.
- b. Education of judges will be in a workshop format.
- c. Workshops are to be run before A & B level events at the event location and attendance will be mandatory for certified judges wanting to judge at the event, to learn more about recent changes of the rules. Competitors and interested spectators are to be encouraged to attend these workshops to grow the number of IRF Judges.
- d. Examination of judges on the IRF Rules will consist of a theoretical plus a practical section.
- e. The examination will vary on the depth of knowledge of the race rules that judges need to know, according to the category they are to be certified on.
- f. Education and examination of judges can be done regionally if done by an Assessor.

N. Doping

1. Doping is strictly prohibited and the IRF works in full accordance with the guidelines laid down by the IOC.
2. Doping tests are always welcome in both training and competition.
3. Any doping tests carried out must be organised and supervised by the hosting federation or official sport authorities of that country.
4. If a competitor tests positive, his/her team must be disqualified from the event.
5. Disciplinary measures will be taken against person(s) testing positive by the S & C Committee according to the IRF statutes described in chapter 4, article 39.
6. In the event of disqualification after the prize giving, the medals will be handed over to the next placed team. All other teams move one position forward.
7. The medals and prizes must be returned to the race officials and if possible handed over to the winning teams in a new prize giving.

O. Prize giving and awards

1. Titles are awarded for each discipline and overall.
2. The prize giving for each discipline should be held the same day as the race where possible.
3. The overall prize giving will be held together with the prize giving for the last race.
4. Prize giving events may be arranged in accordance with the requirements of the main sponsor. The decision will be made by the S & C Committee.
5. Medals for A- and B-Level events:-
 1. Must be provided in gold, silver and bronze for the top placed three teams in each category and racing class.
 2. Must include a medal for reserve – therefore 5 medals for R4 and 7 for R6.
 3. Can be provided by the IRF or the host organisation
 4. The host organisation needs to let the IRF know at least 3 months ahead of the event as to whether they wish to have the IRF provide the medals or if they wish to provide the medals themselves.
 5. The host is to cover the costs of getting the medals transported to them.
 6. Medals that are provided by the host need to first be approved by the IRF BOD. The majority of the front side must be the IRF logo as provided by the IRF, and the back side may be designed according to the feel of the event and culture the host is representing. However, it must include the place, the river, the year, the discipline and the class (women, men, youth, masters)
 7. All team members must be called to the podium.
6. At prize givings in A- and B-Level events, the national anthem of the winning team should be played after the medals are handed over to each of the athletes by a member of the S & C Committee or sponsors/VIP's.
7. All team athletes must either wear their team or national uniforms. In the event that the prize giving is held straight after the race has finished, teams may wear their national water gear. Paddles are allowed to be carried on to the podium.

P. Invitations, entries and confirmations

1. An entry must contain the name of the federation, club or team name (C-level), first and last name for each competitor, team captain, IRF judges, other personnel and contain all information required as set out in the invitation.
2. In C-level competitions all entries are at the discretion of the event organisers.
3. Entries can be made by a single letter, fax or, preferably, by e-mail before the deadline.
4. The deadline for A- and B-level events should be one month prior the first day of competition. The deadline for C- and D- level competitions is set by the organisers of the event.
5. The organizing committee must confirm each entry within one week of receipt by letter, fax or e-mail.
6. Entry fees for the event are to be made no later than the date specified by the organisers. Any late payments can result in the team being excluded, unless specific arrangements have been made in writing with the organisers.
7. Announcement of any changes must be made or confirmed during the first Captain's meeting.
8. The start list and any other relevant information must be handed to the teams no later than the first Captain's meeting.

*Composed by IRF Board of Directors: Mr. Peter Micheler - 1st Vice President; Mr. Tony Hansen - Funding; IRF Administrator - Ms. Sue Liell-Cock; Mr. Neil Baxter - Head of the IRF Sports and Competition committee: The committee members: Mr. Thomas Karas, Ms. Vember.Mortlock
Hotel Suerre, Guapiles, Costa Rica, 23rd of September 1998*

Modified in Futaleufu, Chile and over email. February/March 2000 by Peter Micheler; Robert Kazik; Neil Baxter, Tony Hansen; Sue Liell-Cock; Steve Nomchong; Oleg Grigoriev; Bruce Waters; Rafael Gallo; Glenn Lewman.

Modified by email Congress September 2002 and by continued email discussions and voting afterward.

Modified by email through BOD vote in June 2004.

Modified by email through Sport & Competition Committee vote in July 2005.

Modified by email through Sport & Competition Committee vote in Feb 2007.

Modified by email through Sport & Competition Committee vote in March 2008

Modified by email through Sport & Competition Committee vote by February 2009

Modified by email through Sport & Competition Committee vote in March 2010

ANEXO 2: Entrevista # 1



"Modelo Físico para el Diseño de un Canal Artificial
para la práctica de Rafting en el entorno urbano"
UCAB Trabajo Especial de Grado

Raquel Carnoto
Gabriela Laya

Entrevista Informativa

La siguiente entrevista es llevada a cabo de manera informativa para ayudar al grupo de tesis a conocer un poco más a fondo desde el punto de vista del deportista los aspectos, características y vivencias dentro de un complejo de Agua Bravas. El objetivo general de nuestra tesis es simular a través de un modelo físico una pista artificial para la práctica de deportes como el Rafting en un lago artificial ubicado dentro de las instalaciones del Círculo Militar en Caracas.

Nombre: Darwin Díaz, Atleta de Canotaje

1. **¿Qué modalidad practica?**
Canotaje Slalom
2. **En base a tu experiencia y gusto ¿Qué instalaciones debería tener un Complejo de Aguas Bravas?**
Residencias para alojamiento de atletas, hotel para alojamiento turístico, restaurante para público en general y comedor para atletas, piscina, sala para atender emergencias, oficina de la organización deportiva.
3. **¿Como atleta que debe tener un Canal de Aguas Bravas?**
Dos recorridos, uno con nivel para competencias y otro con nivel para recreación
4. **¿Cómo colocarías las gradas? (ej.: cercana a la orilla del canal, en el centro, a los extremos)**
Muy cercanas al canal para despertar adrenalina en el publico.
5. **En general ¿cómo te gustaría que fuese el desarrollo del canal? (ej. de gran velocidad, con mayores obstáculos al inicio, con algunas lenguas, etc.)**
Edis en los laterales y en el centro (remolinos), resaltos pero no al final del recorrido para garantizar la integridad de los atletas al final del trayecto, dos lenguas como mínimo (vertederos

ANEXO 3: Entrevista # 2



"Modelo Físico para el Diseño de un Canal Artificial
para la práctica de Rafting en el entorno urbano"
UCAB Trabajo Especial de Grado

Raquel Carnoto
Gabriela Laya

Entrevista Informativa

La siguiente entrevista es llevada a cabo de manera informativa para ayudar al grupo de tesis a conocer un poco más a fondo desde el punto de vista del deportista los aspectos, características y vivencias dentro de un complejo de Agua Bravas. El objetivo general de nuestra tesis es simular a través de un modelo físico una pista artificial para la práctica de deportes como el Rafting en un lago artificial ubicado dentro de las instalaciones del Círculo Militar en Caracas.

Nombre: Argenis Gudiño, Atleta de Canotaje

1. **¿Qué modalidad practica?**
Canotaje Slalom
2. **En base a tu experiencia y gusto ¿Qué instalaciones debería tener un Complejo de Aguas Bravas?**
Hotel para alojamiento turístico y de atletas, restaurante para público y comedor para atletas, piscina para entrenamiento, sala para atender emergencias, oficina de la organización deportiva, sala de conferencias y foros, biblioteca deportiva.
3. **¿Como atleta que debe tener un Canal de Aguas Bravas?**
Dos canales, uno para competencias y otro para recreación
4. **¿Cómo colocarías las gradas? (ej.: cercana a la orilla del canal, en el centro, a los extremos)**
Muy cercanas al canal, incorporadas en el recorrido del mismo.
5. **En general ¿cómo te gustaría que fuese el desarrollo del canal? (ej. de gran velocidad, con mayores obstáculos al inicio, con algunas lenguas, etc.)**
Edis (remolinos), en los laterales para permitir las contracorrientes y en mitad del recorrido, resaltos durante el trayecto pero no al final para garantizar la integridad de los atletas, tres lenguas como mínimo (vertederos).

ANEXO 4: Entrevista # 3



"Modelo Físico para el Diseño de un Canal Artificial
para la práctica de Rafting en el entorno urbano"
UCAB Trabajo Especial de Grado

Raquel Carnoto
Gabriela Laya

Entrevista Informativa

La siguiente entrevista es llevada a cabo de manera informativa para ayudar al grupo de tesis a conocer un poco más a fondo desde el punto de vista del deportista los aspectos, características y vivencias dentro de un complejo de Agua Bravas. El objetivo general de nuestra tesis es simular a través de un modelo físico una pista artificial para la práctica de deportes como el Rafting en un lago artificial ubicado dentro de las instalaciones del Círculo Militar en Caracas.

Nombre: Yohana Rodríguez, Atleta

1. **¿Qué modalidad practica?**
Rafting
2. **En base a tu experiencia y gusto ¿Qué instalaciones debería tener un Complejo de Aguas Bravas?**
Baños, vestidor, oficina deportiva, sala de reuniones, espacio acondicionado para guardar equipos, área con mesitas y parrillera estilo camping, parque para niños, implementos de seguridad, centro de primeros auxilios.
3. **¿Como atleta que debe tener un Canal de Aguas Bravas?**
Edis (remolinos), lenguas (Vertederos), corriente y contracorriente.
4. **¿Cómo colocarías las gradas? (ej.: cercana a la orilla del canal, en el centro, a los extremos)**
Donde le dé la mayor visual al publico
5. **En general ¿cómo te gustaría que fuese el desarrollo del canal? (ej. de gran velocidad, con mayores obstáculos al inicio, con algunas lenguas, etc.)**
Las corrientes a favor y contra la corriente.

ANEXO 5: Entrevista # 4



"Modelo Físico para el Diseño de un Canal Artificial
para la práctica de Rafting en el entorno urbano"
UCAB Trabajo Especial de Grado

Raquel Carnoto
Gabriela Laya

Entrevista Informativa

La siguiente entrevista es llevada a cabo de manera informativa para ayudar al grupo de tesis a conocer un poco más a fondo desde el punto de vista del deportista los aspectos, características y vivencias dentro de un complejo de Agua Bravas. El objetivo general de nuestra tesis es simular a través de un modelo físico una pista artificial para la práctica de deportes como el Rafting en un lago artificial ubicado dentro de las instalaciones del Círculo Militar en Caracas.

Nombre: Edgar Salazar, Director técnico de la federación venezolana de canotaje

1. ¿Qué modalidad practica?

Canotaje, Rafting

2. En base a tu experiencia y gusto ¿Qué instalaciones debería tener un Complejo de Aguas Bravas?

Vestidores, sala de fisioterapia, sala médica, sauna, galpón para guardar botes, espacio de carpintería para arreglar botes, gimnasio, sala de reuniones, biblioteca con museo de historia de deportes, oficina de organización deportiva, cafetín, baños públicos, amplio estacionamiento, sala para Digitalización de resultados, área para ubicación de periodistas

3. ¿Como atleta que debe tener un Canal de Aguas Bravas?

En lugar de cinta transportadora para botes un sistema de ascensores que los eleve hasta el lugar necesario, alumbrado nocturno.

4. ¿Cómo colocarías las gradas? (ej.: cercana a la orilla del canal, en el centro, a los extremos)

Lo más cercanas al canal y a la sombra.

5. En general ¿cómo te gustaría que fuese el desarrollo del canal? (ej. de gran velocidad, con mayores obstáculos al inicio, con algunas lenguas, etc.)

Variación del grado de dificultad, de mayor a menor dificultad.

ANEXO 6: Entrevista # 5



**"Modelo Físico para el Diseño de un Canal Artificial
para la práctica de Rafting en el entorno urbano"**
UCAB Trabajo Especial de Grado

Raquel Carnoto
Gabriela Laya

Entrevista Informativa

La siguiente entrevista es llevada a cabo de manera informativa para ayudar al grupo de tesis a conocer un poco más a fondo desde el punto de vista del deportista los aspectos, características y vivencias dentro de un complejo de Agua Bravas. El objetivo general de nuestra tesis es simular a través de un modelo físico una pista artificial para la práctica de deportes como el Rafting en un lago artificial ubicado dentro de las instalaciones del Círculo Militar en Caracas.

Nombre: José Calasan Silva

¿Qué modalidad practica?

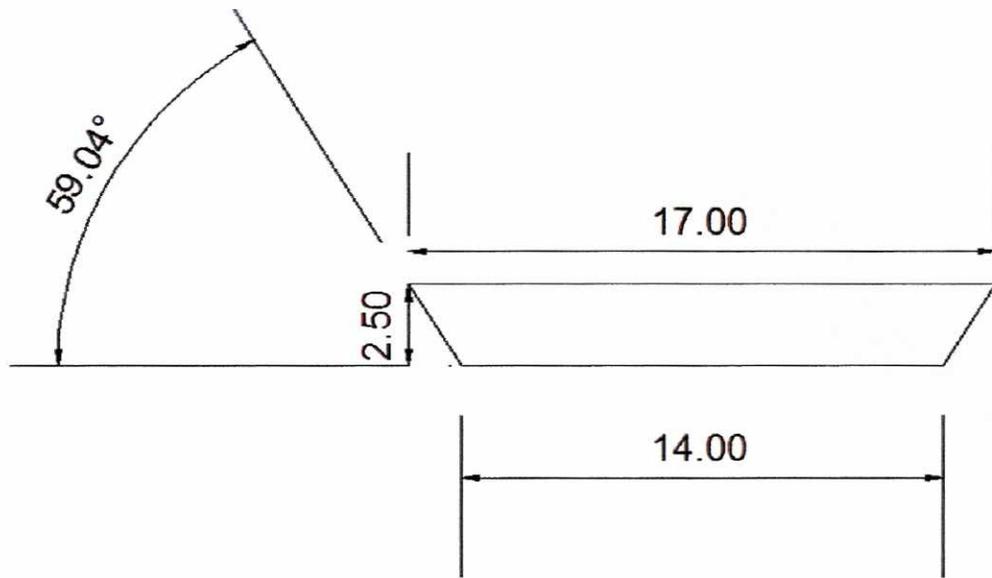
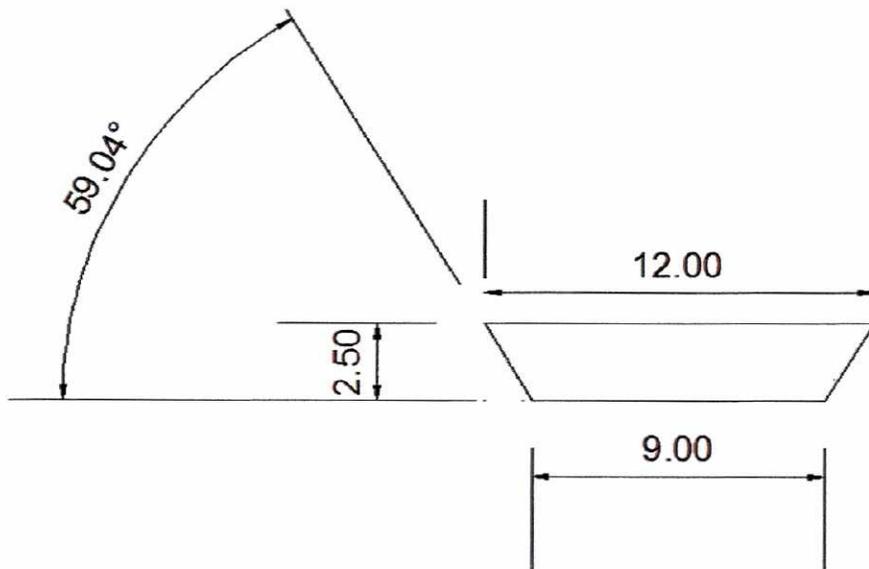
Canotaje Slalom

1. **En base a tu experiencia y gusto ¿Qué instalaciones debería tener un Complejo de Aguas Bravas?**
Fuente de soda, sala médica, gimnasio, restaurante gourmet, estacionamiento amplio, galpón para guardar botes, área de exposición y ventas, área de comida rápida, hotel para alojamiento de atletas.
2. **¿Como atleta que debe tener un Canal de Aguas Bravas?**
Que cumpla con las especificaciones del reglamento internacional de canal de aguas bravas.
3. **¿Cómo colocarías las gradas? (ej.: cercana a la orilla del canal, en el centro, a los extremos)**
Con absoluto dominio de todo el canal
4. **En general ¿cómo te gustaría que fuese el desarrollo del canal? (ej. de gran velocidad, con mayores obstáculos al inicio, con algunas lenguas, etc.)**
Lo más parecido al canal de Atenas 2004.

ANEXO 7: Lugar De Emplazamiento, Topografía Original Y Modificada

CARRETE
CAMINO
PICA
FERROCC
TUNEL
PUENTE
ALCANTA
PARED

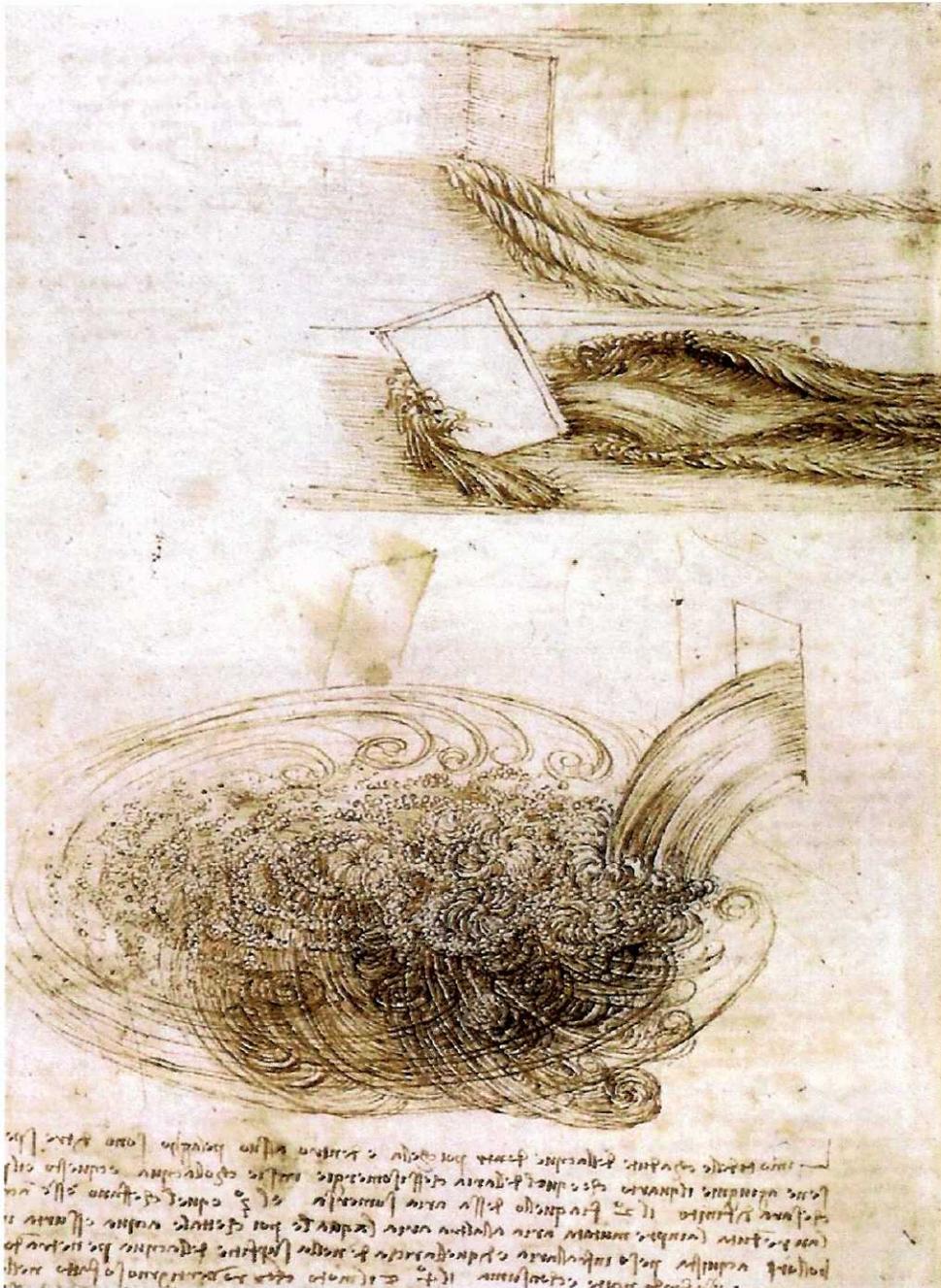
ANEXO 8: Complejo de Aguas Bravas

ANEXO 9: Secciones de los Canales**Anexo 9.a: Canal de Aguas Bravas****Anexo 9.b: Canal de Aguas Rápidas**

ANEXO 10: Saywite Stone



Fuente: <http://www.dtlux.com/dolcevita/viajes/articulo/una-ruta-literaria-por-peru>

ANEXO 11: La Turbulencia del Agua por Leonardo da Vinci

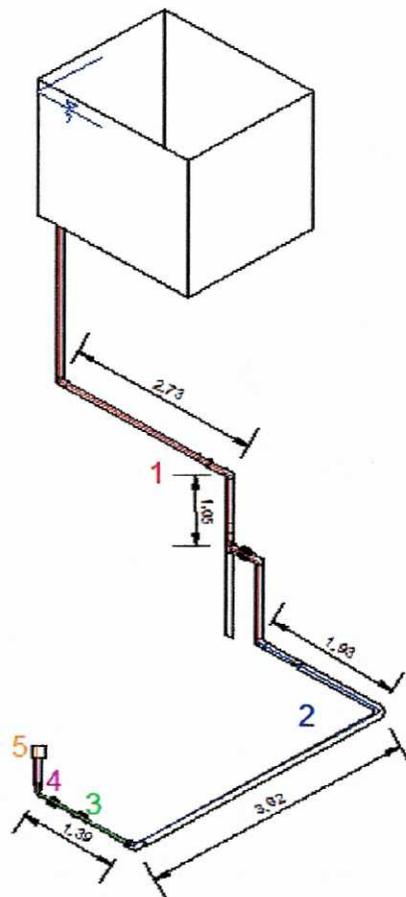
Fuente: <http://gigantesquedesaparecen.blogspot.com/2010/06/leonardo-da-vinci-galeria-de-imagenes.html>

ANEXO 12: La Turbulencia del Agua por Leonardo da Vinci



Fuente: <http://gigantesquedesaparecen.blogspot.com/2010/06/leonardo-da-vinci-galeria-de-imagenes.html>

ANEXO 13: Tubería de Alimentación del Micromodelo Hidráulico



Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 14: Cálculo de las Pérdidas de la tubería de Alimentación

Fuente: Elaboración Propia

LABORATORIO DE HIDRÁULICA													
Tubería de Alimentación Modelo Hidráulico											HG		
											120		
											80		
Definición de descarga máxima: Nivel de agua de Tanque 6,10 metros - Descarga en 0,75 metros											140		
TRAMO	Caudal lps	Diámetro pulg	Velocidad m/s	Pérdidas de carga m/m (*)	Longitudes			Pérdidas en tramo m	Carga de Velocidad m	Altura desde Datum	Presiones (mca)		
					real m(**)	por piezas m(***)	total m				Mínima	Inicial	Final
Tanque-1	3.29	4.00	0.41	0.0055	7.64	21.00	28.64	0.18	0.01	6.10		6.10	5.94
1-2	3.29	4.00	0.41	0.0020	5.87	5.60	11.47	0.02	0.01			5.94	5.92
2-3	3.29	1.50	2.88	0.3092	1.55	10.30	11.85	3.66	0.42	4.00		5.92	2.25
3-4	3.29	4.00	0.41	0.0055	0.35	4.00	4.35	0.02	0.01			2.25	2.23
4-5	3.29	8.00	0.10	0.0002	0.18		0.18	0.00	0.00	4.00		2.23	2.23

$$J = \frac{K * C^{-1.85}}{D^{4.8655}} * Q^{1.85}$$

C= Coeficiente en función de la edad y rugosidad de las tuberías
 Valores usualmente aceptados

Hierro galvanizado:	120
Cobre	140
PVC, PEAD	140
Hierro	100

(*) Pérdidas por fricción calculadas con la Ecuación de Willian - Hazen
 (**) Longitudes reales medidas en plano e isometría de la red
 (***) Longitudes equivalentes por piezas tomadas de las tablas o ábacos aceptados

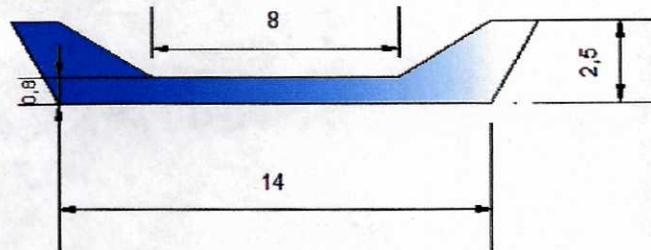
ANEXO 15: Cálculo de la Rugosidad del Canal de Aguas Bravas

Fuente: Elaboración Propia

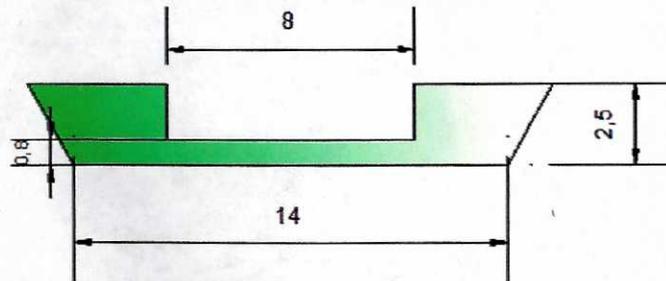
MEDICIÓN	Progresiva externa	UDM (Flow)	Q med (l/s)	Q (cm ³ /s)	Cota de fondo	Cota del Agua	y (cm)	b (cm)	T (cm)	z	Área (cm ²)	perimetro (cm)	Radio Hidráulico (cm)	S _o	n	Escala de manning En= El ^{1/6}
1	10	0.01	0.24	240	39.09	40.21	1.12	14	17	0.6	16.43	16.61	0.989	0.0020	0.00304	0.00654
2	49	0.01	0.24	240	39.51	40.06	0.55	14	17	0.6	7.88	15.28	0.516	0.0020	0.00094	0.00203
3	89	0.01	0.24	240	39.56	40.21	0.65	14	17	0.6	9.35	15.52	0.603	0.0020	0.00124	0.00267
4	144	0.01	0.24	240	39.04	39.75	0.71	14	17	0.6	10.24	15.66	0.654	0.0020	0.00144	0.00309
5	210	0.01	0.24	240	38.81	39.35	0.54	14	17	0.6	7.73	15.26	0.507	0.0012	0.00071	0.00153
6	296	0.01	0.24	240	36.26	37.25	0.99	14	17	0.6	14.45	16.31	0.886	0.0012	0.00192	0.00414
7	348	0.01	0.24	240	36.05	36.37	0.32	14	17	0.6	4.54	14.75	0.308	0.0012	0.00030	0.00064
8	379	0.01	0.24	240	35.02	35.50	0.48	14	17	0.6	6.86	15.12	0.454	0.0012	0.00058	0.00126
Pomedio															0.00127	0.00274

ANEXO 16: Obstáculos Transversales

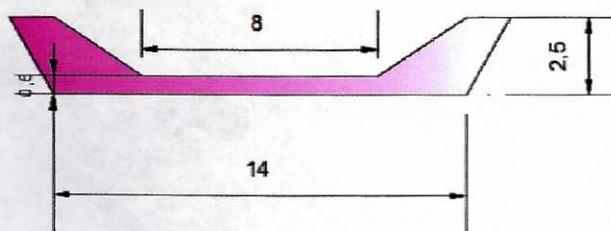
Vertedero Delgado



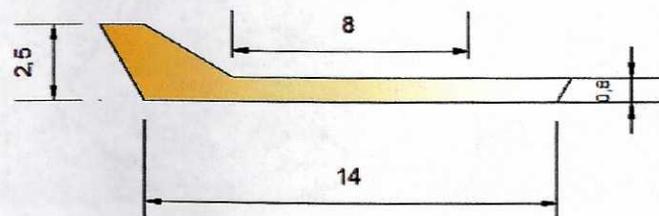
Vertedero Rectangular



Vertedero Delgado



Vertedero

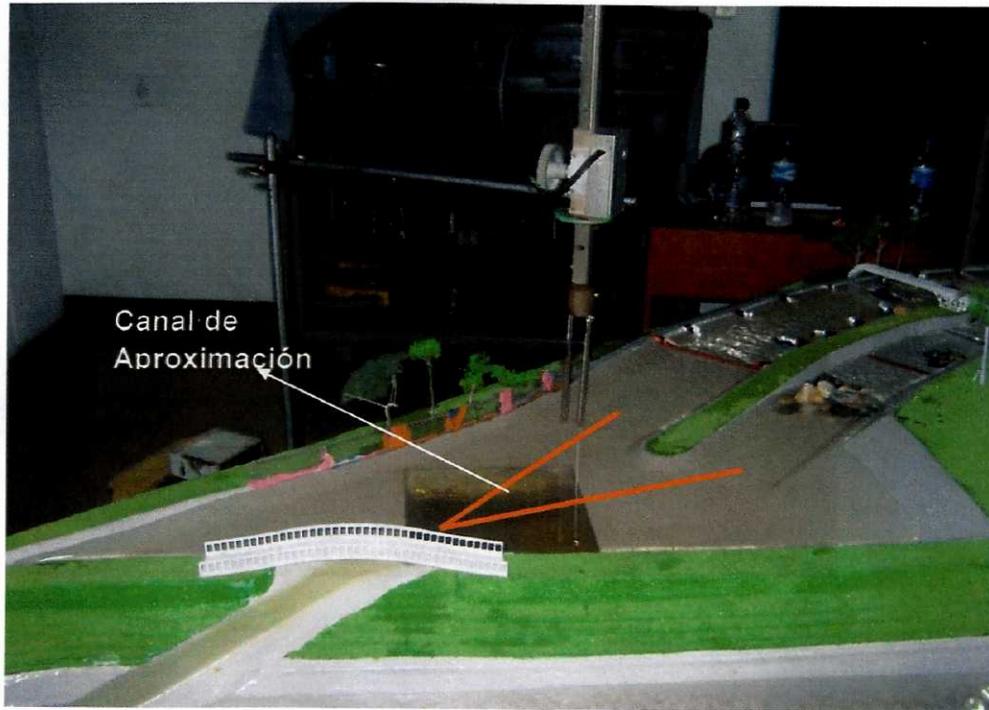


Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 17: Micro modelo Definitivo (Fuente: Elaboración Propia)



Canal de Aproximación



Modulo 1:



Modulo 2:



Modulo 3:



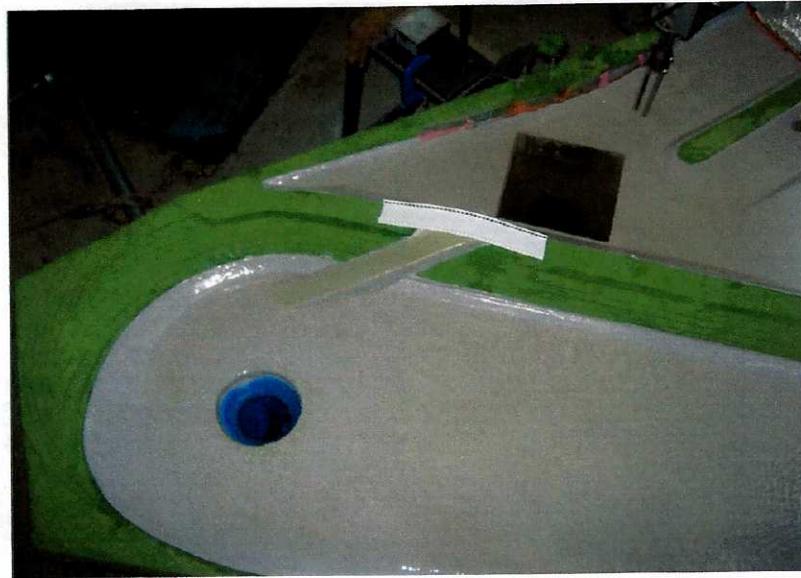
Modulo 4:



Modulo 5:



Canal de Calentamiento:



Micro modelo Definitivo:

