

CONSTRUCCION DE ESTANQUES Y DE ESTRUCTURAS HIDRAULICAS PARA EL CULTIVO DE PECES – PARTE 3

Panorama da Aqüicultura: Vol. 12, N° 74 – Nov/Dic. 2002.

Por: Eduardo Akifumi Ono, M. Sc., Joao Campos, M. Sc., Fernando Kubitza, Ph. D.

Se presentan las posibilidades de implantación de un proyecto de bajo costo, enfocando a la reducción de gastos operacionales y de mantenimiento de sus instalaciones, a través de uso de estructuras durables que faciliten la realización de las actividades de rutina.

PARTE 3

Las Estructuras hidráulicas

Estas estructuras deben permitir un control simple y eficiente de la entrada y salida del agua, así como el nivel de misma en cada estanque. Por ser de un considerable costo en la implantación del proyecto, las estructuras hidráulicas deben ser correctamente dimensionadas, y su diseño y concepción deben ser bien planificados para facilitar las operaciones de rutina, como el mantenimiento de filtros, distribución del agua, drenaje de los estanques y recolección de peces. Asimismo, el diseño y las dimensiones de las estructuras hidráulicas deben ser adaptados a las necesidades de cada emprendimiento.

Sistemas de abastecimiento

En los emprendimientos, el abastecimiento y distribución del agua es realizado por gravedad, por bombeo, o combinando las dos posibilidades.

Abastecimiento por gravedad – usado en sitios donde la fuente de agua, (generalmente una represa, surgente o canal, por ejemplo, está en una cota o nivel por encima de la cota de agua de los estanques). La distribución del agua a los estanques es realizada a través de canales abiertos o por medio de tuberías.

Abastecimiento por bombeo – empleado cuando la fuente de agua se encuentra a una cota por debajo del nivel de agua de los estanques. Ese sistema de abastecimiento es muy común cuando se utiliza agua de pozos, de ríos o de represas con nivel por debajo del nivel de agua en los estanques. La distribución de agua se realiza por tuberías presurizadas y por bomba hasta la entrada de los estanques.

Sistemas mixtos - en estos sistemas se combina el bombeo del agua de la fuente principal (ríos, represas, pozos, canales, etc., localizada a una cota por debajo de la cota de los estanques) para un reservorio, azud o canal elevado con la cota por encima de la cota de agua en los estanques. De ahí en adelante la distribución del agua para los estanques es hecha por gravedad, usando canales de distribución o tuberías. También son comunes los casos en que el abastecimiento es hecho por gravedad, si bien se cuenta con la opción de bombeo de agua a partir de otras fuentes durante los períodos de estiaje.

Lo ideal es contar con un abastecimiento y distribución de agua por gravedad, reduciendo el costo operacional (por que no demanda energía eléctrica o combustible) y el riesgo de fallas



en el sistema de bombeo o falta de energía. Igualmente, el abastecimiento por gravedad no es siempre posible.

Los componentes de los sistemas de abastecimiento

Además de los canales, tubos y conexiones, la red de abastecimiento cuenta con diversas estructuras auxiliares. Compuertas y cajas de distribución son utilizadas para el control del desagüe y para direccionar el agua cuando se usan canales. Registros, válvulas y conexiones son necesarios cuando la red de abastecimiento consiste en tuberías. Los filtros son utilizados para prevenir la entrada de detrito o peces indeseables en las tuberías, canales y posteriormente, en los estanques. Las bombas y sus paneles de accionamiento también componen los sistemas de abastecimiento. La elección de los componentes depende, entre muchos factores, de las características de la propiedad y la fuente de agua; del tamaño del emprendimiento y el volumen de agua demandado; del diseño y del régimen operacional de los estanques, y de los costos de implantación de las estructuras.

El uso de canales no abastecidos

La construcción de canales para la distribución del agua dentro de un emprendimiento era muy común cuando los tubos de PVC eran poco accesibles. Los canales pueden ser revestidos de cemento, lona plástica, placas de cemento prefabricado, entre otros tipos de revestimiento. Canaletas y tubos de cemento prefabricados también son muy utilizados en la distribución de agua en las pisciculturas (Foto 1)



Foto 1: Canal de abastecimiento construido con canaletas de cemento del tipo "media caña".

Capacidad de escurrimiento de los canales

Los canales construidos con o sin revestimiento tienen una capacidad de escurrimiento que varía en función:

- a) del declive, calculado por la diferencia de nivel del fondo del canal en relación a su longitud, expresado en porcentaje;
- b) del área de la sección transversal mojada, calculado usando el ancho y la altura mojada, del canal y la inclinación del talud (canales trapezoidales);
- c) del coeficiente de rugosidad, valor que indica la resistencia de la pared del canal o escurrimiento de agua. Por ejemplo, canales revestidos en concreto o en lona plástica



crean menor resistencia al pasaje del agua, comparados con los canales revestidos con pasto o pedregullo.

Algunos ejemplos de los desagües en canales trapezoidales revestidos en cemento con diferentes dimensiones y declive presentan en los cuadros 1 y 2. Los canales con revestimiento en cemento, lona plástica y otros materiales resistentes a la erosión toleran elevadas velocidades de escurrimiento del agua. Sin embargo, para los canales de tierra sin revestimiento y para los canales con pasto se recomienda que la velocidad de agua no ultrapase 0,5 a 1.0 m/se 1,0 a 2,0m/s, respectivamente. La principal consecuencia de esta restricción en la velocidad del agua es que los canales de tierra o con pasto deben tener dimensiones muy superiores a los canales revestidos, en cemento o lona plástica, para escurrir el mismo caudal de agua. Existen estudios y cálculos más detallados para el dimensionamiento de los canales y, para ello, es recomendable consultar profesionales familiarizados con la hidráulica en acuicultura.

Cuadro 1: Desagües de agua en m³/s en canales trapezoidales revestidos en concreto, operando con 0,5 de altura de agua, talud de 1:2,5, con diferentes dimensiones y declives.

Declive del Canal	Profundidad (m)			
	0,5	1,0	1,5	2,0
0,1 %	0,78	1,07	1,38	1,69
0,5 %	1,74	2,40	3,08	3,78
1,0 %	2,46	3,40	4,36	5,34
1,5 %	3,01	4,16	5,34	6,54
2,0 %	3,48	4,80	6,17	7,56

Cuadro 2: Variaciones de agua en m³/s en canales trapezoidales revestidos en cemento, operando con 1,0 m de altura de agua, talud de 1:2,5, con diferentes dimensiones laterales y declives.

Declive del Canal	Profundidad (m)			
	0,5	1,0	1,5	2,0
0,1 %	4,04	4,94	5,87	6,82
0,5 %	9,02	11,05	13,13	15,25
1,0 %	12,76	15,63	18,57	21,56
1,5 %	15,63	19,14	22,74	26,41
2,0 %	18,05	22,10	26,26	30,49



Tuberías de abastecimiento

Existen diversos tipos de tubos en el comercio, siendo los tubos de PVC rígido de polietileno de Alta Densidad los más empleados en las pisciculturas debido a la facilidad de adquisición, gran resistencia a la corrosión y el fácil manejo, instalación y mantenimiento. Los tubos de PVC comunes tienen baja resistencia mecánica y son sensibles a la acción de los rayos ultravioletas. Asimismo, deben ser enterrados para la protección contra el tráfico de vehículos y los rayos solares. La elección de los materiales y las dimensiones de los tubos del sistema de abastecimiento debe ser compatible con el tamaño y las necesidades operacionales de los estanques. A continuación se discuten los principales parámetros considerados en el dimensionamiento de las tuberías.

Disponibilidad de agua

A partir del estudio preliminar sobre la disponibilidad del agua es posible determinar el máximo desagüe que el sistema de abastecimiento podrá alcanzar. Basado en esta información y en el conocimiento de la demanda total de agua para el llenado de los estanques y para la reposición de pérdidas por evaporación, infiltración y drenaje durante la cosecha de los peces, es posible calcular el área total de estanques que podrá ser abastecida con el agua disponible.

El concepto de pérdida de carga

El caudal expresa el volumen de agua por unidad de tiempo (por ejemplo, litros por segundo - l/s o metros cúbicos por hora - m³/h). Este es aplicado tanto para canales abiertos cuanto para tuberías (presurizadas o no). El caudal es proporcional a la velocidad del agua dentro del canal o tubo. Tanto en los canales como en los tubos (presurizados o no) se produce una reducción en la velocidad de agua y, por lo tanto, en el caudal. Esa reducción es provocada por el roce del agua contra las paredes del canal o tubos, con las conexiones, registros, válvulas y otras estructuras que imponen resistencia al pasaje del agua. Esta reducción en la velocidad y, por lo tanto, en el caudal es conocida como "pérdida de carga". En las tuberías presurizadas (por acción de las bombas o por la diferencia de nivel entre la captación y la descarga de agua) la pérdida de carga se expresa generalmente en términos de reducción en la presión original del sistema y es computada en el cálculo del caudal final. Si tenemos, por ejemplo, un tubo de PVC, cuanto menor sea el diámetro, mayor el comportamiento de la línea de abastecimiento y mayor el número de conexiones, registros y válvulas instaladas; mayor será la resistencia al pasaje del agua y, por lo tanto, mayor la pérdida de carga y la reducción en el caudal final del sistema. Es mucho más importante que el concepto de pérdida de carga sea comprendido, pues este parámetro es fundamental para el adecuado dimensionamiento del sistema de abastecimiento, sea por gravedad o por bombeo.

Los gráficos 1,2 y 3 pueden ser observados como la pérdida de carga y largo de una tubería de abastecimiento que afecta el caudal. Fueron calculados los desagües de salida de tubos de PVC de diferentes diámetros y longitudes, considerando la fuente de agua como un reservorio con nivel de agua 5,15 o 25 metros por encima del nivel de entrada a los estanques.



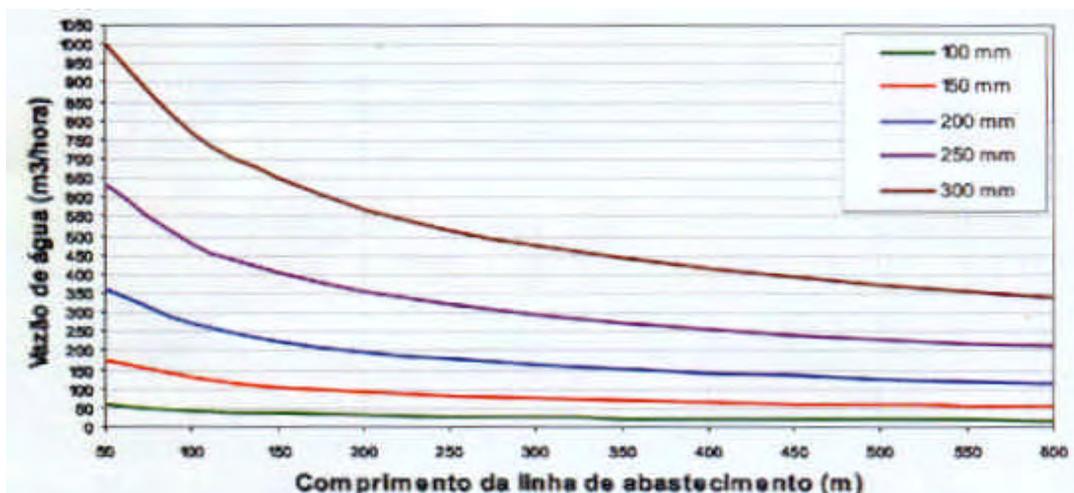


Gráfico 1: Caudales de abastecimiento en función al aumento longitud y la línea de abastecimiento para tubos de PVC de diferentes diámetros, considerando un desnivel de 5 m entre la fuente de agua y la entrada de las tuberías a los estanques.

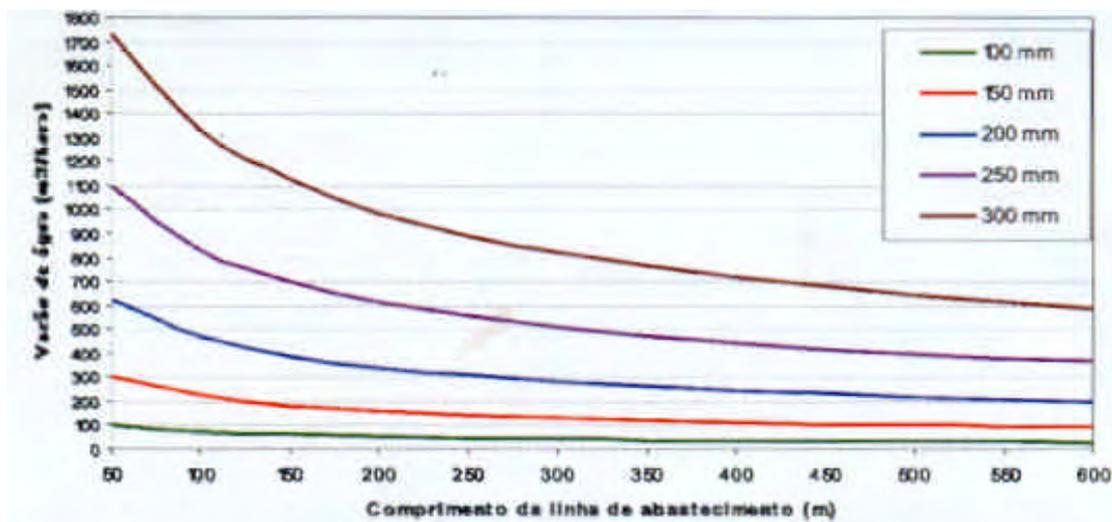


Gráfico 2: Caudales de abastecimiento en función del aumento de longitud y la línea de abastecimiento para tubos de PVC de diferentes diámetros, considerando un desnivel de 15 m entre la fuente de agua y la entrada de tuberías en los estanques.



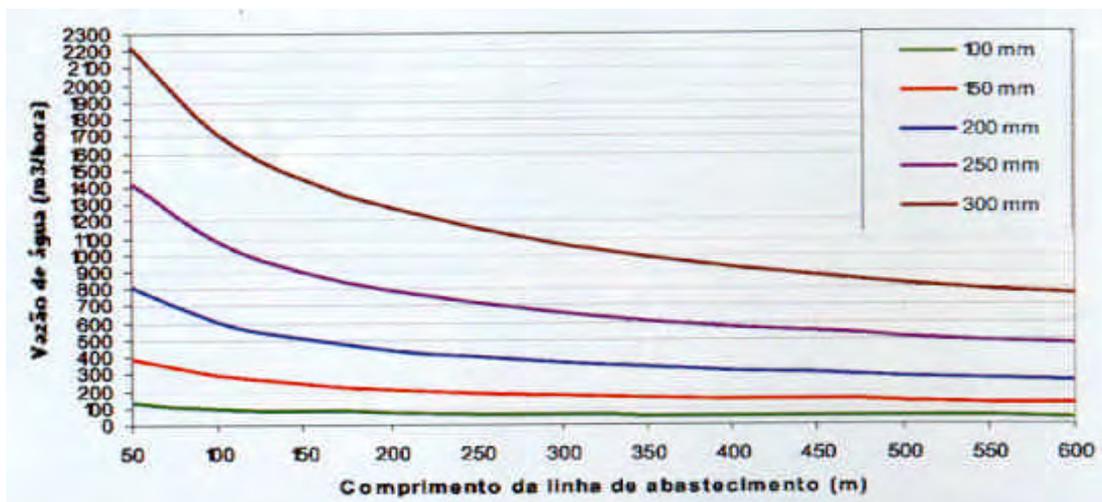


Gráfico 3: Caudales de abastecimiento en función al aumento en longitud y línea de abastecimiento para tubos de PVC de diferentes diámetros, considerando un desnivel de 25 m entre la fuente de agua y la entrada de tuberías en los estanques.

La determinación del diámetro mínimo de las tuberías de abastecimiento debe ser realizada tomando como base el tiempo máximo deseado para el llenado de los estanques. También debe ser considerado si habrá necesidad de abastecimiento simultáneo de diferentes estanques o de uso de agua en cajas de manejo (hasta y simultáneamente al llenado de otros estanques).

Por ejemplo, suponiendo que en un proyecto posee 24 estanques de 800 m² (1.000m³), 7 estanques de 4.000 m² (5.100 m³) y 12 estanques de 6.000 m² (8.000 m³), el abastecedor principal tendrá cerca de 540 m de longitud y deberá ser capaz de llenar hasta 1 estanque de 8.000 m³ y 1 estanque de 5.100 m³ simultáneamente en un tiempo de llenado no superior a 4 días (96 horas). De ese modo, el caudal máximo principal será de $(1 \times 8.000 + 1 \times 5.100)/96 = 136\text{m}^3/\text{h}$. Si todavía fuera necesario, al mismo tiempo, operar una caja de manejo del estanque mayor (más 60 m³/hora, con uso de aireación) y llenar dos estanques menores en hasta dos días (48 horas), el caudal adicional será de: $(2 \times 1.000 \text{ m}^3 / 48 \text{ h}) + 60 \text{ m}^3/\text{h} = 102 \text{ m}^3 / \text{h}$. Asimismo, el abastecedor principal deberá proveer una variación de $136 + 102 = 238 \text{ m}^3/\text{h}$, o sea, próximo a casi 250 m³/h. En los gráficos 1, 2 y 3 se localizó el punto de encuentro de este caudal con la extensión de las tuberías (cerca de 550m). De esta forma, puede verificarse que el diámetro de las tuberías principales pueden ser de 300 mm, 250 mm o 200 mm para un desnivel de 5 m, 15 m o 25 m entre la fuente de agua y la entrada a los estanques, respectivamente.

Posicionamiento de las líneas y tubos de abastecimiento.

La disposición de los estanques en el terreno es determinante en la colocación de la línea principal de abastecimiento, optimizando el uso de las redes de distribución. Si existiera tráfico pesado sobre los diques, la profundidad mínima para enterrar la tubería debe ser de 50 cm. Si los tubos fueran de PVC, deben enterrarse a por lo menos a 80 cm del tope del dique (Foto 2). En este caso el tubo, de abastecimiento puede llegar "ahogado" al estanque cuando este está lleno (Figura 1), lo que no causa grandes problemas para el manejo. Sin embargo, si el proyectista prefiere que el tubo llegue a estanques por encima de la línea de agua, los mismos deberán salir del dique con una ligera inclinación (Foto 3).





Foto 2: Instalación de las tuberías de abastecimiento sobre el dique principal aún en construcción. La tubería fue posicionada en el margen del dique, de forma de estar fuera del tráfico de vehículos pesados sobre el dique. Obsérvese la cruceta en la línea principal, de la cual derivarían los tubos de cada estanque. (CODEVASF-EPI- Puerto Real del Colegio, AL).



Foto 3: Obsérvese la inclinación del tubo de abastecimiento que llega al estanque. Nótese la cobertura vegetal en el borde libre del dique y la presencia de vehículos pesados transitando sobre el mismo.

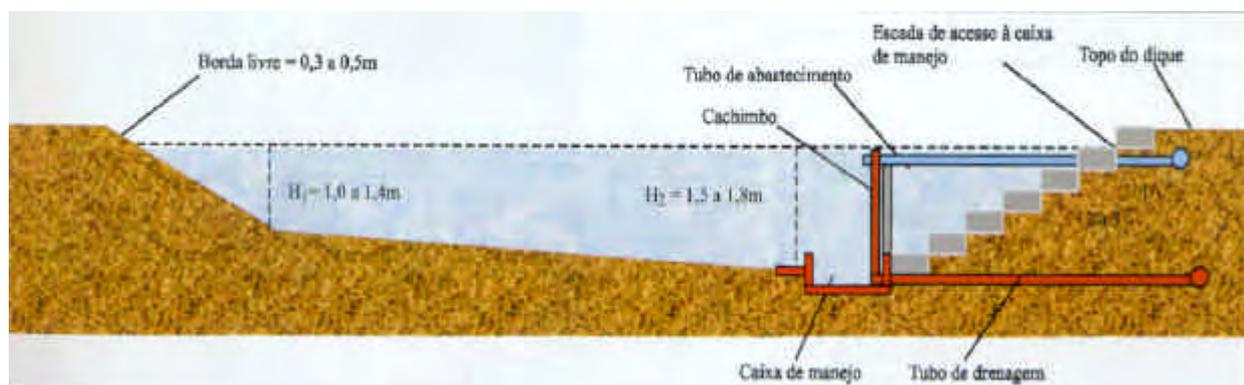


Figura 1: Corte longitudinal de un estanque. Obsérvese el tubo de abastecimiento sobre la caja de manejo, abasteciendo agua limpia en el momento de la concentración de los peces para



depuración, clasificación o recolección. El agua abastecimiento cae dentro de la caja de manejo, evitando erosión en los estanques. Los peces pueden ser recibidos en la caja de manejo, aún con el estanque en el inicio de su llenado. La abastecedora principal y los tubos de abastecimiento deben estar enterrados a por lo menos 0.50 m del tope del dique. La principal puede correrse al centro del dique, más protegido del tránsito.

Nótese que el tubo de abastecimiento puede llegar "ahogado" a los estanques. En caso de que eso no sea deseado, el tubo puede ser ligeramente inclinado, quedando con su extremidad fuera del agua. Tubos pesados o muy largos pueden necesitar un soporte para fijarlos en la posición correcta.



Foto 4: estanques en reforma con el tubo de abastecimiento posicionado en la caja de manejo. Obsérvese en la derecha de la foto la escalera de acceso a la caja de manejo y al monge (CODEVASF-EPI- Puerto Real de Colegio, AL).

Tradicionalmente, los tubos de abastecimiento se han posicionados en el lado opuesto al drenaje de los estanques, con la premisa de obtener una mejor eficiencia en el recambio de agua y en la oxigenación. Para que el agua de abastecimiento provea significativa cantidad de oxígeno a los peces sembrados es necesario una renovación diaria de agua, lo que es imposible de ser practicado en la mayoría de las piscicultura. Asimismo, cuando la renovación de agua en los estanques es baja, la posición del tubo de abastecimiento debe tener en consideración otros factores, por ejemplo, la necesidad de contar con agua limpia en áreas de concentraciones de peces a la cosecha (generalmente en las áreas más profundas o en la caja de manejo o colección de los peces). La instalación del tubo de abastecimiento en el área más profunda del estanque, próximo al drenaje (Figura 1 y Foto 4), trae muchas ventajas operacionales cuando es comparado al posicionamiento tradicional:

- Disponibilidad de agua limpia en el momento en que los peces están concentrados en las cajas de manejo o asimismo en la parte más profunda del estanque. Esto evita pérdida de tiempo durante las cosechas y evita el riesgo de que los peces queden estancados en el agua o mucho tiempo expuestos a una baja de oxígeno en el agua, con temperaturas elevadas y carga alta de partículas en suspensión;
- Posibilita la utilización de las cajas de manejo en otras operaciones auxiliares como la clasificación y la depuración de los peces antes del transporte o la transferencia de los mismos hacia otros estanques;
- Elimina la erosión en el fondo del estanque causada por el agua durante su transcurso desde la parte hacia la parte más profunda del estanque durante el abastecimiento, durante el drenaje, o también en la necesidad de proveer agua nueva para mantener los peces en mejores condiciones;



- Cuando el abastecimiento de agua es realizado directamente sobre la caja de manejo, no se produce erosión en el talud del estanque, ni tampoco en su fondo durante el llenado. Ese tipo de erosión siempre acaba produciéndose, por más que se tienda a proteger el área de entrada de agua con rampas de cemento, planchas de madera o con pilas de piedras, artificios comúnmente usados por los piscicultores cuando el abastecimiento está posicionado en la parte más rasa del estanque.

Aunque sea necesario una rápida renovación parcial del agua para la disolución de metabolitos como el amoníaco o el nitrito, esto puede ser realizado de forma eficiente con el tubo de abastecimiento posicionando próximo al drenaje. Primeramente, debe realizarse el drenaje de la cantidad de agua deseada y, enseguida, la reposición con agua nueva.

Bombas de agua para acuicultura

Las bombas de agua son concebidas y dimensionadas para condiciones específicas de uso. De esta forma la elección del equipo debe ser realizada por un profesional con experiencia, en base a las informaciones sobre el "layout", en el levantamiento planialtimétrico y las necesidades operacionales del emprendimiento. Frecuentemente, los productores recurren a los fabricantes o revendedores de bombas, que también pueden auxiliar en la elección del modelo y tamaño más adecuado para cada situación.

Tipos de bombas

Las bombas centrífugas son las más usadas en acuicultura, estando compuestas por un cuerpo metálico que alberga un o más rotores dotados de paletas y acoplados a un eje accionado por un motor. Entre las bombas más comunes de este grupo están las centrífugas de cuerpo en espiral y las bombas sumergidas usadas en los pozos. El tipo de rotor, el ángulo de las paletas y la distancia entre el motor y el cuerpo de la bomba centrífuga tiene gran influencia en la aplicación y eficiencia de la bomba. Los rotores son clasificados en tres tipos: abierto, semiabierto y cerrado. En el cuadro 3 son presentadas las principales características de estos rotores:

Cuadro 3: Características constructivas y funcionales de los tipos de rotores usados en bombas centrífugas.

Característica	Tipo de rotor		
	Abierto	Semiabierto	Cerrado
Distancia entre las paletas	Mayor	Medio	Menor
Distancia del rotor al cuerpo de la bomba	Mayor	Medio	Menor
Tipo de sólidos permitidos en el agua*	Sólidos medios	Sólidos finos	Agua limpia
Eficiencia	Menor	Media	Mayor

*Sólidos medios-pedregullo fino y arena gruesa; sólidos finos- arena fina y arcilla; agua limpia-libre de partículas minerales.

Como las aguas utilizadas en acuicultura pueden contener, en algún momento, arcilla o arena en suspensión, es muy común utilizar bombas centrífugas de rotor semiabierto. Es importante resaltar que, cuando mayor la cantidad de partículas minerales en el agua (pedregullo, arena y arcilla), mayor será el desgaste del rotor de la bomba, la tubería, las válvulas y los registros. Ese desgaste causa un aumento en la pérdida de carga y resulta en una pérdida de eficiencia en el bombeo. Asimismo, es necesario inspeccionar periódicamente las bombas y los demás



componentes del sistema, controlando también el caudal en la entrada del agua a los estanques.

Las bombas verticales son también muy usadas en acuicultura. Son capaces de proveer grandes caudales de agua con gran eficiencia (hasta el 90%). Estas bombas son recomendadas para pequeñas alturas de succión y de bombeo y con más frecuencia se usan para elevar el agua en los sistemas abastecidos por canales o pozos profundos.

Los principales factores que deben ser considerados en el momento de la selección de una bomba son: a) las propiedades físico-químicas del agua (temperatura, acidez, salinidad, turbidez, cantidad de sólidos minerales, entre otros); b) el caudal demandado por el proyecto; c) la altura de succión de la bomba (distancia vertical entre la fuente de agua y la bomba); d) la pérdida de carga en la captación, que depende del tipo, diámetro y longitud del tubo, así como del número y el tipo de conexiones y válvulas; e) la altura manométrica de bombeo (distancia vertical de la bomba hasta el sitio donde se desea el agua); f) la pérdida de carga total en el sistema, resultado del tipo, diámetro y longitud de la tubería y la cantidad y los tipos de conexiones, válvulas y registros.

Con estas informaciones en mano, se puede proceder a la elección de las bombas más adecuadas, a través de consulta a las curvas de rendimiento abastecidas por sus fabricantes. En estas curvas debe ser seleccionado el tipo de modelo de bomba que trabaje con la mayor eficiencia posible (generalmente de 60% a 85%) y necesite de un motor de menor potencia, para reducir el costo de bombeo. En el Cuadro 4 se presenta a potencia recomendada potencia del motor para accionar una bomba centrífuga de cuerpo espiral, según el caudal deseado y la altura manométrica del sistema.

Cuadro 4: Mínima potencia (HP) de los motores eléctricos (1.750 rpm) que accionan bombas centrífugas de cuerpo espiral y rotor semi-abierto, de acuerdo con el caudal demandado y la altura manométrica de operación. El motor elegido debe tener una potencia próxima o ligeramente superior a la potencia sugerida en este cuadro.

Variación (m ³ /h)	Altura manométrica (m) ¹		
	15	25	50
50	4	9	20
75	5	12	25
100	7	14	30
125	9	16	32
150	12	21	40
200	16	28	55
300	22	40	80
500	37	57	135

¹Representa la suma de altura de bombeo más las pérdidas de carga de tuberías, conexiones, válvulas y registros.

Estructuras para el control de variación

Tanto en el sistema de abastecimiento como en el drenaje es necesario el uso de válvulas, registros o compuertas para control individual y/o colectivo del caudal de agua. Como estas estructuras pueden aumentar demasiado el costo de la implantación de los sistemas hidráulicos, es fundamental evaluar todas las alternativas para la elección de los componentes más económicos y funcionales. En canales, el uso de compuertas es el más común, por tratarse



de mecanismos bastante simples y de menor costo; principalmente por no operar presión sobreelevada de agua. En conductos cerrados (sistemas presurizados) son utilizadas válvulas y registros para el control del caudal. Aunque existan distintos tipos de registros en el mercado (globo, esfera, gaveta), fabricados tanto en metal como en PVC, estos son generalmente usados en tuberías con diámetros menores (hasta 100 a 150 mm), pues el costo de los registros para tubos de grandes diámetros (encima de 200 mm) es muy elevado y frecuentemente inviable para el uso en acuicultura. En estos casos, es común el uso de válvulas tipo borboleta, que pueden ser PVC o metal, dependiendo de la presión del agua y del diámetro requerido. Para una tubería de PVC con hasta 300 mm de diámetro, (disponibles comercialmente), existen válvulas borboletas de PVC disponibles en el mercado.

Filtros mecánicos

Los filtros tienen como finalidad prevenir la entrada de detrito, peces y otros organismos indeseables en los canales y tuberías de abastecimiento. Muchos de esos filtros son construidos por los propios productores y otros pueden adquirirse en el mercado. El tipo de filtro utilizado debe ser adecuado a las necesidades del proyecto. Dentro de los filtros mecánicos más comúnmente empleados se encuentran los filtros de tela y los de arena.

Los filtros de tela más simples tienen la tela fija y son limpiados manualmente (Figura 2 y Foto 5). En cuanto los modelos más sofisticados tienen, en general, tela rotativa y son autolimpiantes (Figura 3). En general, los filtros de tela se recomiendan para altos caudales de agua y pueden ser usados para el filtrado de agua bastante cargada en detrito. El tamaño de las partículas retenidas por el filtro dependerá de la abertura de la malla de tela utilizada. Debe tenerse en cuenta que, cuanto menor el tamaño de malla, menor será el caudal filtrado, lo que puede ser compensado con una mayor área del elemento filtrante. El uso de dos o tres tipos de telas sobrepuestas, con la mayor abertura de malla en la parte superior evita taponamientos constantes, comunes en filtros con una única tela de malla fina. El uso de las telas individuales con malla de 0,5 mm en la entrada de agua de cada estanque también puede servir para el filtrado del agua para prevenir la entrada de peces, pos-larvas y otros organismos indeseables en los estanques. El adecuado funcionamiento de estos filtros, dependerá de la frecuencia de limpieza y manteniendo de las telas.

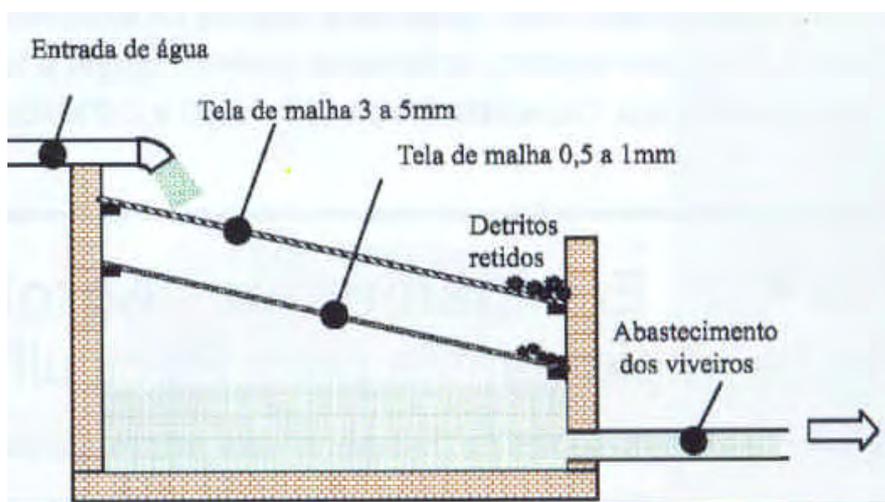


Figura 2: Esquema de un filtro mecánico usando telas de acero inoxidable para la retención de desechos y peces indeseables en el sistema de abastecimiento de agua de una piscicultura.



Foto 5: Filtro horizontal de tela para impedir la entrada de desechos y de peces indeseables en los canales de abastecimiento (MPE – Paulo Afonso, BA).

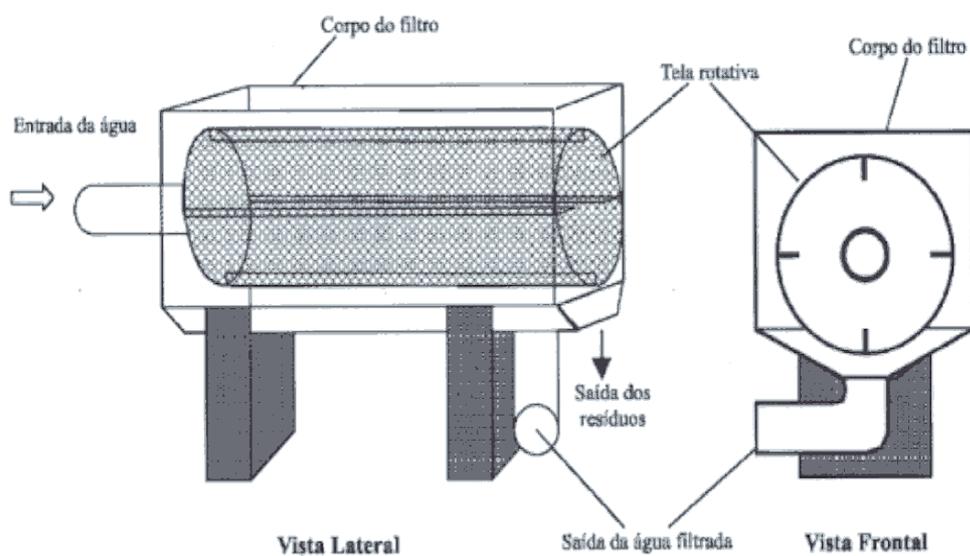


Figura 3: Esquema de un filtro mecánico auto-limpiante que usa tela rotativa de acero inoxidable para la retención de desechos y peces indeseables en el sistema de abastecimiento de agua de una piscicultura.

Sistema de drenaje



El drenaje en los estanques es realizado generalmente por gravedad, a pesar de comúnmente encontrarse en algunas pisciculturas estanques que solamente se drenan mediante bombeo. Los tubos de PVC y manijas de concreto son comúnmente usados como drenos de estanques. El agua generalmente es drenada hacia un canal de desagüe adyacente al dique (Figura 4-B) en algunos casos el drenaje total es realizado por una tubería subterránea que sirve para todos los estanques (Figura 4-A y Foto 6).



Foto 6: Fosa abierta e instalación de tuberías de drenaje.

El tiempo necesario para vaciar el estanque dependerá, además de varios factores, del diámetro, la rugosidad y de las conexiones acopladas en los tubos u otros materiales usados en el drenaje.

En el cuadro 5 se presentan los diámetros mínimos de drenes tubulares para el desagüe del agua de estanques de diferentes dimensiones, considerando una línea de drenaje de 12 m y otra de 300 m longitud. Se considera el uso de tubo en PVC para diámetros de hasta 300 mm.

Cuadro 5: Diámetro mínimo (en mm.) de tubos usados para el drenaje de estanques de diferentes áreas y con un talud de 2,5:1, con una parte más rasa midiendo 1,4 m de altura de agua y la parte más profunda de 1,8 m . El tiempo de drenaje fue definido como 12, 24, 36 y 48 horas. Los tubos con diámetro de hasta 300mm son de PVC. El tubo a ser adquirido deberá ser aquel comercialmente disponible con un diámetro igual o inmediatamente superior al valor indicado en este cuadro.

Area de estanque (m ²)	Longitud de la línea de drenaje							
	12 metros				300 metros			
	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas
40.000	577	443	380	292	1.116	857	735	659
20.000	440	290	249	223	852	654	561	503
10.000	288	221	190	170	650	500	428	384
5.000	218	168	144	129	493	379	278	250
3.000	178	137	177	105	402	264	227	203
1.000	113	87	75	67	219	168	144	129



Figura 4: Ejemplos de los sistemas de drenaje. **El dibujo (A)** ilustra una tubería de drenaje compartida por todos los estanques debajo del dique. Las ventajas de este diseño implica un mejor aprovechamiento del área y la reducción del movimiento de tierra (no se pierde espacio con la construcción de canales y posibilita que los estanques compartan el mismo dique), como el compartimiento del sistema de abastecimiento. La desventaja es la dificultad de reparación en caso de que ocurra alguna pérdida en la tubería. **En el dibujo (B)** los estanques compartirán el mismo canal de drenaje. Además de la necesidad de mantenimiento del canal limpio, otras desventajas de este sistema son el bajo aprovechamiento del área de construcción del canal y de más de un dique y la necesidad de implantar dos líneas de abastecimiento. Sin embargo, el riesgo de los problemas de pérdida y los diques estarán menos comprometidos. El canal de drenaje común también puede auxiliar al reaprovechamiento del agua de drenaje de los estanques.

En este ejemplo, puede observarse que para drenar un estanque de 5.000 m² en 36 horas, un tubo de PVC de 150 mm de diámetro sería suficiente si fuese usada una tubería con 12 metros de longitud despejando el agua en un canal de drenaje anexo al dique (ver Figura 4 B), el paso que sería necesario un tubo PVC con 300 mm de diámetro para drenarlo en el mismo tiempo si la línea tuviese 300 mm de longitud (por ejemplo, con la tubería de drenaje enterrada a lo largo del dique principal (Figura 4 A)).

Monjes, tubos móviles de descarga y cajas de manejo

Las estructuras más comúnmente utilizadas para el control del nivel y del drenaje de los estanques son los monjes y los tubos móviles. Los monjes son generalmente construidos en cemento, con el uso de premoldeados, y pueden ser realizados en ladrillos. Los más variados tamaños y tipos monjes, y con distintos mecanismos de operación pueden ser vistos en las pisciculturas. En las Figuras 5, 6 y 7 se presentan ejemplos y se discuten detalles de algunos monjes y tubos.



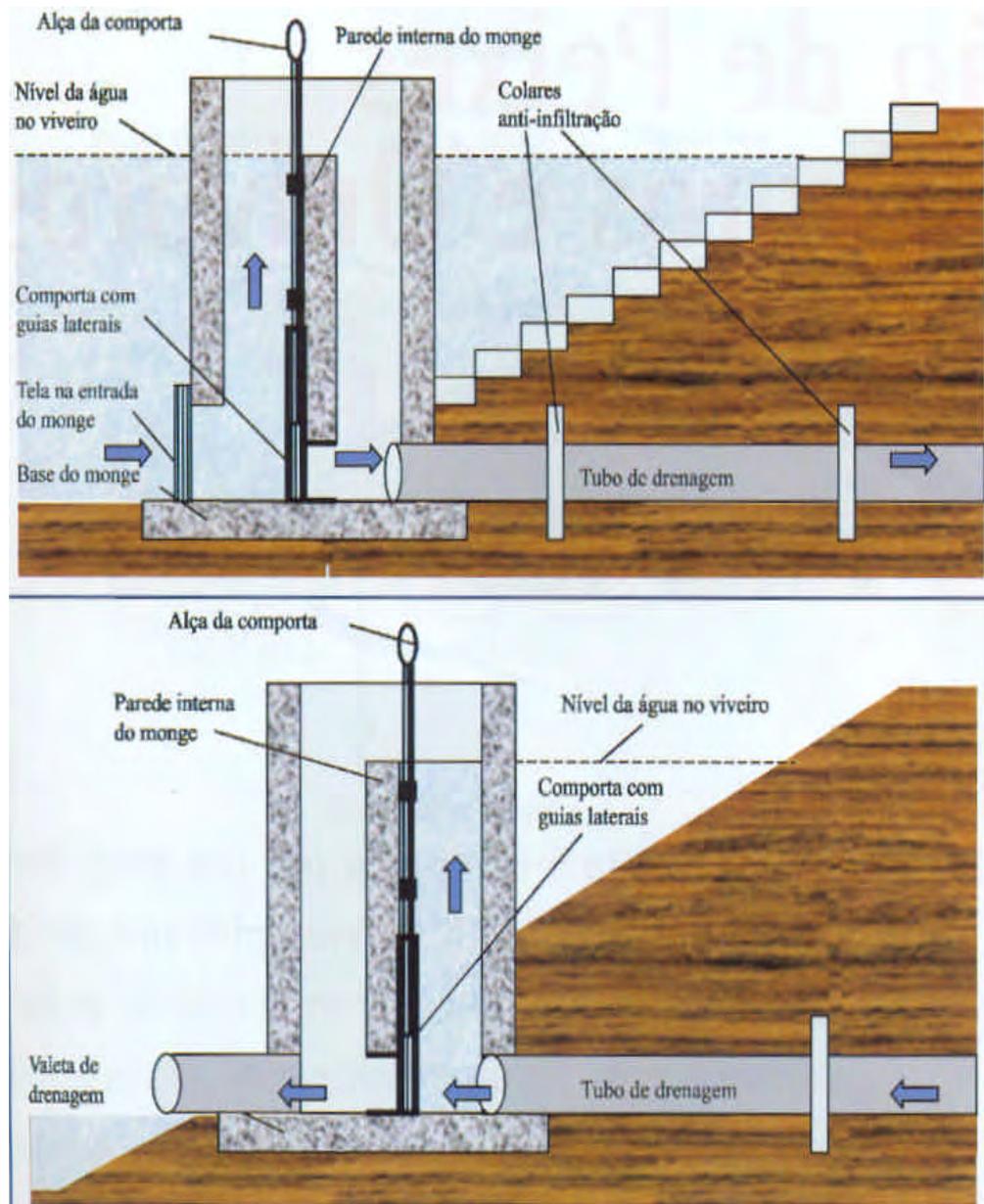


Figura 5: Monje interno (encima) y monje externo (debajo). Las flechas indican el camino del agua. Una compuerta tipo guillotina controla el drenaje. Nótese las guías la escalera facilita el acceso al monje para accionar la compuerta. El monje externo puede estar parcialmente embutido en el talud, facilitando el acceso a la compuerta y dando un mejor apoyo a sus paredes.



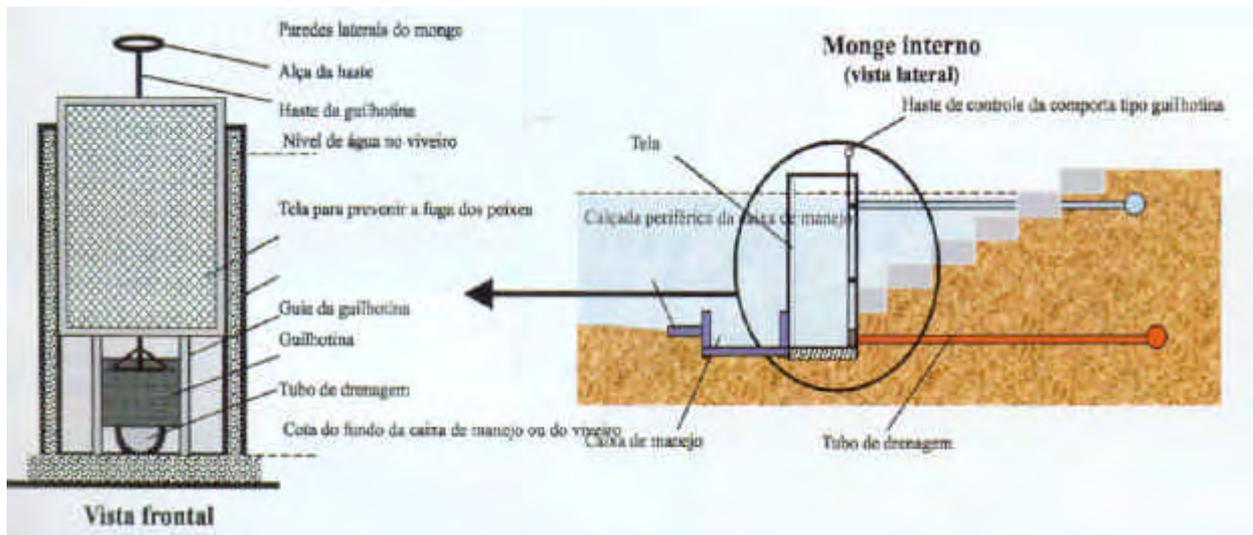


Figura 6: Monje sin pared interna para el control del drenaje del estanque. El control es hecho a través de una compuerta tipo guillotina posicionada bien en frente del tubo de drenaje, frente a la pared trasera del monje. Las guías mantienen la guillotina en posición para que esta pueda ser levantada (abierta) o bajada (cerrada) en cualquier tiempo. Un cuadro con tela es encajado en las ranuras de las paredes laterales del monje durante el drenaje para evitar la fuga de peces.

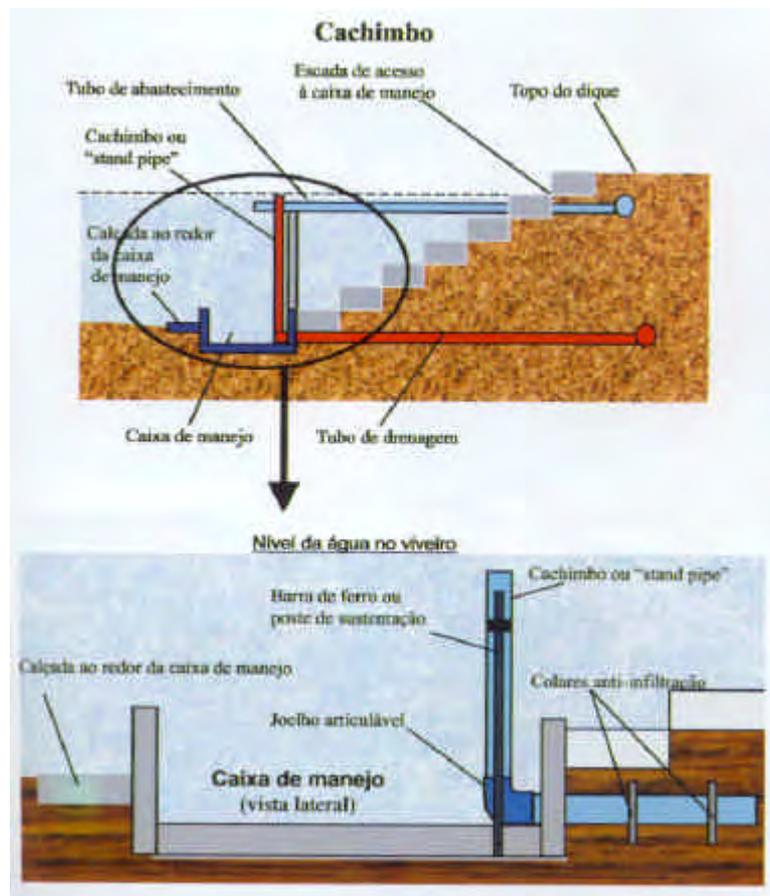


Figura 7: Detalle constructivo de tubo de descarga. La conexión entre este y el drenaje puede ser hecha con un codo a rosca. Para tubos de gran diámetro, esa curva puede ser hecha a un menor costo usando un pedazo de manguera flexible como codo. Este debe ser fijado al tubo de drenaje y el drene con abrazaderas. El tubo debe ser colocado con un poste de sujeción con una cadena de largo regulable. Esta corriente permite mantener el tubo elevado o bajado, posibilitando el control del nivel de agua en estanques y en la caja de manejo. Obsérvese la posición del tubo al frente y al fondo de la caja y la presencia de los collares antiinfiltración para evitar la percolación del agua entre el suelo y el tubo. En algunas situaciones, por limitación de cota los drenes o por economía en la construcción del terraplén, el tubo de drenaje es posicionado encima del fondo de la caja de manejo. El sobrante de agua en la caja luego de la cosecha puede ser removida por bombeo (bomba portátil) y puede ser tratada con cal para eliminar peces indeseables antes de llenar el estanque para un nuevo cultivo.

Caja de Manejo

Algunos peces son de difícil recolección y gran parte de lo sembrado sólo es capturado en el barro, después del drenaje total de los estanques. La cosecha en el fondo del estanque es ardua tanto para los obreros como para los peces y se repite en todos los estanques, diversas veces al año y durante toda la vida del emprendimiento. Eso debe ser considerado en la planificación del proyecto.

Una de las dos formas de enfrentar la dificultad de cosecha de algunos peces es construir cajas de cosecha próximas al drene de los estanques. (Figura 8 y Foto 7, 8 y 4). Son pocas las pisciculturas que disponen de cajas de cosecha en los estanques. Cuando estas existen, generalmente son mal dimensionadas (pequeñas y rasas), no poseen abastecimiento de agua limpia y apenas sirven como un sitio de concentración, del cual los peces deben ser prontamente removidos para no morir asfixiados.

En vez de simples cajas de cosecha, los estanques pueden dotarse de cajas de manejo que funcionen como un tanque de alto flujo, posibilitando la clasificación y depuración de los peces, así bien, como su mantenimiento en buenas condiciones hasta el cargamento o venta. Pueden instalarse aireadores en el interior de la caja de manejo, confiriendo mayor seguridad y reduciendo el uso de agua durante estas operaciones. La caja de manejo debe ser dimensionada para sustentar entre 50 a 150 kg de peces/m³, en función del tamaño de los peces, el caudal de agua disponible y el uso de aireadores. El abastecimiento del agua cae dentro de la caja de manejo, evitando la erosión de los taludes. Los peces pueden ser sembrados en la caja de manejo, aún con el estanque el inicio de su llenado. La caja de manejo auxilia en la cosecha, posibilita la realización de clasificación y también puede ser usada para depurar los peces. A pesar de demandar un inversión adicional en la construcción, reducen el tiempo y la mano de obra en a cosechas, clasificaciones y cargamento de los peces, retornando rápidamente la inversión realizada.





Foto 7: Vista frontal de una caja de manejo en construcción. Obsérvese la compuerta frontal que permite la entrada de los peces y el monje adyacente a la caja.



Foto 8: Caja de manejo construida en albañilería. Observe la buena profundidad de la caja y la entrada de agua en la extremidad de la caja opuesta al monje. En primer plano está el monje, que permite el control del nivel de agua y el drenaje del estanque y la caja de manejo (Estación de Piscicultura de CHESF – Paulo Afonso, BA).



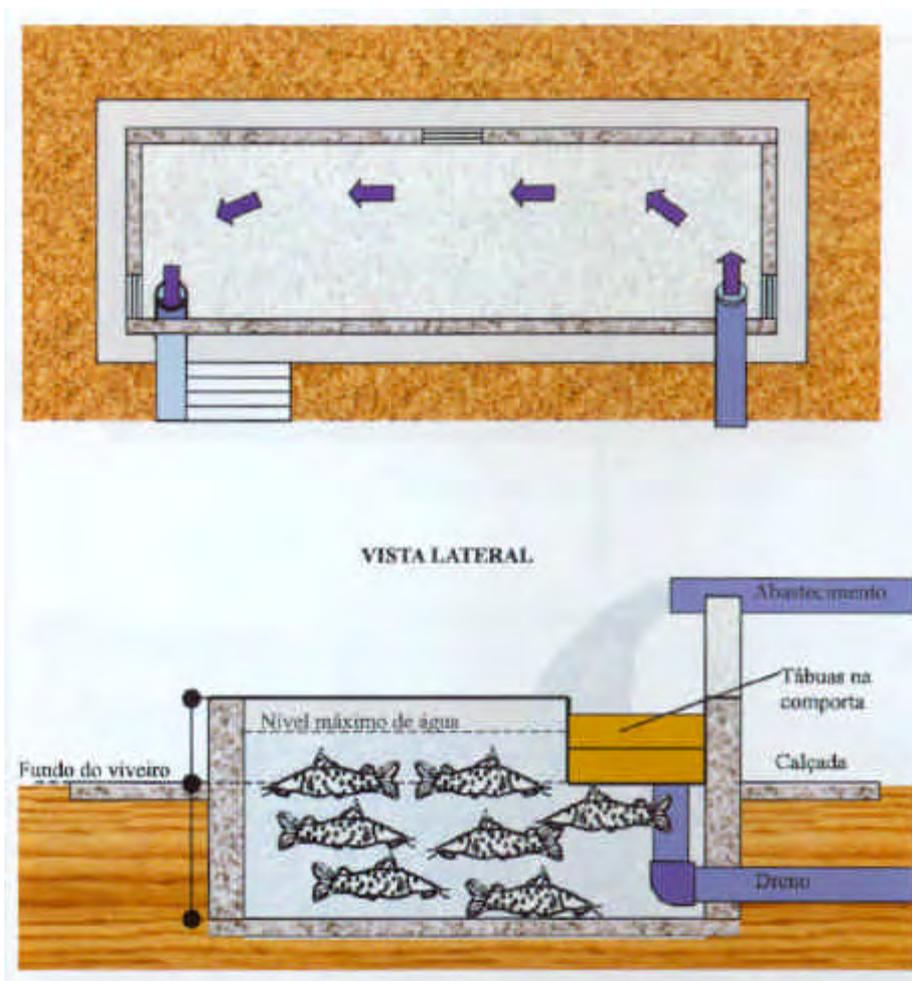


Figura 8: **Vista Superior** de una caja de manejo. Obsérvese el posicionamiento opuesto al tubo de abastecimiento y el drenaje, posibilitando que la caja tenga un flujo de agua como si fuese un *raceway*. La escala de acceso a la caja de manejo, protege el salud del pisoteo y facilita la cosecha y el cargamento de los peces. Una calzada puede ser colocada alrededor de la caja de manejo, facilitando el tránsito de los operarios. Las compuertas deben ser posicionadas en los puntos de menor cota de profundidad del estanque. Una compuerta es suficiente, puede ser necesario el uso de otras si la profundidad del estanque fuese muy irregular. En la **Vista Lateral** puede observarse la posición de la compuerta. La calzada y la base de la compuerta deben fijarse en el mismo nivel del fondo del estanque. La profundidad total de la caja debe ser de un mínimo de 60 cm para estanques para alevinos y de 80 cm en estanques de engorde. Eso asegura una altura de agua de por lo menos 50 a 70 cm durante la operación en la caja. Observe que parte de la caja queda embutida (entre 0,30 y 0,60 m) y parte queda elevada (0,30 m) en relación al fondo del estanque. Al final del drenaje del estanque, las tablas son colocadas en la compuerta y posibilitan la elevación del nivel del agua en la caja, fijando el mismo encima del fondo del estanque. Las compuertas evitan el retorno del agua y de los peces.

