



ENVIRONMENTAL & SOCIAL RESPONSIBILITY (/ADVOCATE/CATEGORY/ENVIRONMENTAL-SOCIAL-RESPONSIBILITY).

---

# Eficiencia energética en sistemas de bombeo en granjas acuícolas

Monday, 14 January 2019

By Econ. Patricio Salazar Benítez , Ing. Enrico Delfini Escala and Ing. Riccardo Delfini Matheus

## Estrategias sostenibles de Ecuador para mejorar la competitividad, los costos de producción y la máxima eficiencia operativa



Mejorar la eficiencia energética en la industria camaronera del Ecuador al aumentar el acceso a la red eléctrica puede generar una mayor competitividad, reducir los costos de producción y ayudar a lograr la máxima eficiencia operativa.

El escenario actual de menores precios internacionales para el camarón indica una nueva realidad. El crecimiento de la oferta mundial de camarones cultivados, específicamente de India y Ecuador – y en menor escala, Vietnam e Indonesia – junto con la desaceleración de la demanda de China y Estados Unidos, ha creado un entorno en el que los precios se

mantendrán bajos. No hay previsión real para que esta situación cambie a corto plazo.

Por otro lado, la medida anunciada por el gobierno de Ecuador para aumentar el precio del diésel industrial tipo 2, la principal fuente de energía para impulsar los sistemas de bombeo y aireación en las granjas acuícolas, ha generado preocupación, principalmente porque tiene un impacto directo en el costo de producción. En promedio, este insumo representa entre el 7 y el 15 por ciento del costo, según la eficiencia del equipo de bombeo y los niveles de productividad de las granjas acuícolas, según su modelo de producción específico.

En este escenario, el sector del camarón enfrenta desafíos, incluyendo como ser más eficientes y competitivos, y cómo optimizar los recursos y reducir los costos de producción. En este contexto, la eficiencia energética (EI) en los sistemas de bombeo de cualquier granja camaronera – independientemente de si estamos hablando de un sistema de bombeo con motores diésel o motores eléctricos – desempeña un papel estratégico con un alto impacto en la eficiencia operativa.

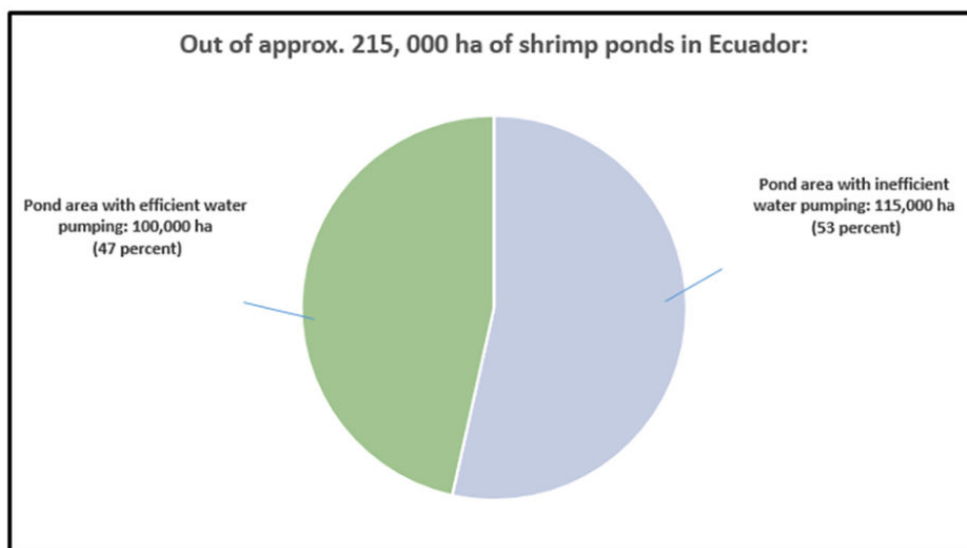


Fig. 1: Más de la mitad de las 215,000 hectáreas estimadas de estanques de camarones en Ecuador actualmente tienen sistemas de bombeo de agua ineficientes. Fuente: Cámara Nacional de Acuicultura; Delta Delfini y Cía.

Según los datos de la Cámara Nacional de Acuicultura, hay alrededor de 215,000 hectáreas (ha) de estanques de camarones en Ecuador. Según nuestros estudios, menos del 50 por ciento de esta área tiene sistemas de bombeo altamente eficientes, que en su mayoría son granjas grandes de más de 250 ha. Por lo tanto, existe una gran oportunidad para abordar y mejorar dos problemas estructurales del sector que están directamente relacionados con la eficiencia energética (EI): primero, para minimizar el impacto del aumento en los precios del diésel; y segundo, para reducir la brecha tecnológica entre los pequeños, medianos y grandes productores de camarón de cultivo.

## Optimización del uso de energía en sistemas de bombeo de agua

La energía es el producto de la potencia consumida (kilovatios o kW) durante un período determinado (horas). Es importante cuantificar la energía consumida, ya que es lo que paga un productor de camarón, sin importar si proviene de la electricidad o de la combustión del diésel. La cuantificación del consumo de energía eléctrica es simple, ya que se registra mediante medidores convencionales que totalizan los kW-hora consumidos durante un período determinado, que se multiplican por la tasa actual.

En el caso de la energía de combustibles fósiles, como el diésel, la cuantificación se realiza indirectamente. El valor calorífico del diésel es de 37.70 kW-hora/galón. Entonces, ¿qué obtenemos de la inversión en energía para a una estación de bombeo en una granja camaronera? La respuesta es agua.

En consecuencia, el indicador clave para buscar eficiencia en un sistema de bombeo es el costo en dólares estadounidenses por metro cúbico de agua, ya que el concepto de optimizar el consumo de energía en una estación de bombeo significa obtener la cantidad de agua requerida al menor costo posible.

Por ejemplo:

Supongamos que en una granja con 100 ha de área de estanque, la columna de agua promedio es de 1,10 metros; el proceso de producción de camarón requiere un reemplazo del 15 por ciento del volumen total de agua por día; y la granja puede bombear agua durante 16 horas, de acuerdo con el promedio histórico de mareas.

## Cálculo del volumen de agua a renovar diariamente

Volumen total en estanques =  $V_t$

$$V_t = 100 \text{ ha} \times 10,000 \text{ m}^2/\text{ha} \times 1.10 \text{ m profundidad} = 1,100,000 \text{ m}^3$$

Volumen por renovar diariamente =  $V_r$

$$V_r = 15 \text{ porcentaje de } 1,100,000 \text{ m}^3 = 165,000 \text{ m}^3$$

## Caudal de bombeo requerido

Tiempo disponible de bombeo por día =  $t$

$$t = 16 \text{ horas} \times 3,600 \text{ segundos/hora} = 57,600 \text{ segundos}$$

Caudal requerido =  $Q_r$

$$Q_r = \frac{V_r}{t} = \frac{165,000 \text{ m}^3}{57,600 \text{ sec}} = 2.86 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

## Número de bombas

La cantidad de bombas a utilizar para alcanzar el caudal requerido es una decisión operacional. No es conveniente contar con un solo grupo de bombeo (conjunto motor-transmisión-bomba) porque son inevitables los periodos de parada de las unidades debido a mantenimiento o avería. En este caso se utilizarán 2 bombas, con el criterio de que, si una de ellas saliera de servicio, el caudal de la otra sea al menos el 60 por ciento del caudal total requerido.

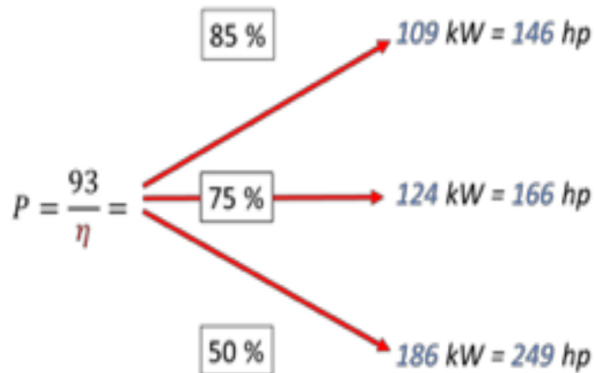
Por lo tanto, el caudal de cada bomba debe ser:

## Potencia requerida del motor

La potencia requerida del motor (diésel para este ejemplo) variará dependiendo de la eficiencia de la bomba: cuanto más eficiente sea la bomba, menos potencia se requerirá del motor y, por lo tanto, su consumo de energía será menor. Adicionalmente, se debe considerar la altura a bombear y las pérdidas del sistema. En nuestro ejemplo, utilizamos una altura de 5,5 metros.

La potencia promedio de los motores (en kW y HP) requeridos para cada bomba será:

$$P = \frac{9,81 \times Q \times H}{\text{Efficiency}} = \frac{93}{\eta}$$



Llevamos a cabo un análisis de sensibilidad, basado en la eficiencia de la bomba ( $\eta$ ), con tres tipos de bombas, cada una con un nivel diferente de tecnología y, por lo tanto, eficiencia. Para nuestro ejemplo, 1) 85 por ciento, 2) 75 por ciento y 3) 50 por ciento.

Como muestra nuestro ejemplo, a medida que aumenta la eficiencia de la bomba, la potencia requerida del motor disminuye; por lo tanto, se reduce el consumo de energía del motor.

Es importante mencionar que la mayoría de las granjas camaroneras de tamaño mediano y pequeño en Ecuador, que representan casi el 75 por ciento de las granjas totales del país, utilizan sistemas de bombeo con una eficiencia energética de alrededor del 50 por ciento.

## Efecto en el consumo de energía y costos de operación

Continuando con el ejemplo, si tenemos un promedio de 16 horas de bombeo diario; un valor típico específico para el consumo de combustible = (0.050 galones/hora)/HP; y un costo actual de combustible = US \$ 1.17/galón, tendríamos los siguientes resultados que se muestran en la Tabla 1. Muestra que para una granja de 100 ha, habría un sobre-costo de aproximadamente \$ 70,378 por año al comparar un sistema ineficiente vs. un sistema altamente eficiente.

### Salazar, bombeo de agua, Tabla 1

| Eficiencia de bomba | 85%    | 75%    | 50%    |
|---------------------|--------|--------|--------|
| Potencia requerida  | 146 HP | 166 HP | 249 HP |
| Diesel galones/hora | 7.3    | 8.3    | 12.45  |
| Diesel galones/día  | 116.8  | 132.8  | 199.2  |
| Diesel galones/año  | 42,632 | 48,472 | 72,708 |

|   |          |          |           |
|---|----------|----------|-----------|
|   |          |          |           |
| US\$/año  | \$49,879 | \$56,712 | \$85,068  |
| Sobre-costos por ineficiencia:<br>Por bomba/año     | –        | \$6,833  | \$35,189  |
| Sobre-costos por ineficiencia: Por cada 100 ha/años | –        | \$13,666 | \$70,378  |
| Sobre-costos por ineficiencia: Por bomba/5 años     | –        | \$34,164 | \$175,945 |
| Sobre-costos por ineficiencia: Por cada 100 ha/años | –        | \$68,328 | \$351,889 |

Tabla 1. Sobre-costos en el consumo de energía debido a la ineficiencia en los sistemas de bombeo acuícola.

## Determinación de sobre-costos en sistemas de bombeo

Esto se puede determinar de una manera práctica midiendo los siguientes parámetros para cada bomba:

- Caudal real proporcionado por la bomba (m<sup>3</sup>/s): la medición del caudal se puede realizar con un medidor de flujo adecuado.
- Consumo de combustible (galones/hora). Se puede hacer fácilmente con un cucharón de 5 galones, una báscula, un cronómetro y un tacómetro.
- Una vez que se determina el caudal y el consumo de combustible, el costo real del bombeo se puede calcular en dólares estadounidenses por metro cúbico.

En la industria de cultivo de camarón ecuatoriano, el bombeo de agua es una inversión importante de capital así como un costo de producción, y cualquier mejora en la eficiencia tiene implicaciones significativas para la productividad y la rentabilidad de la granja.

## Optimizando recursos, reduciendo costos de producción

Además del ahorro de energía y, por lo tanto, del menor consumo de energía (diésel en este ejemplo), la eficiencia energética también genera los siguientes efectos secundarios positivos significativos desde el punto de vista de la eficiencia operativa y el impacto ambiental:

- Menores costos de operación y mantenimiento de motores: transporte de combustible, combustible, filtros, lubricantes y repuestos.
- Disminución de la generación de residuos peligrosos.
- Reducción significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Reducción significativa del ruido generado por los motores diésel.

## Bombeo del futuro

El gobierno ecuatoriano, por iniciativa del sector privado, ha planificado la ejecución de un plan de electrificación para conectar al menos 100,000 ha de granjas camaroneras a la red eléctrica pública, lo que permitirá el uso de equipos de última generación y tecnología que soportará un salto en productividad y eficiencia operativa. Desde nuestro punto de vista, este plan tiene tres beneficios importantes:

## ***Beneficios para el sector privado***

Actualmente, el precio de la energía eléctrica para uso del sector del camarón en Ecuador es de aproximadamente \$ 0.065/kilovatio-hora, una tasa propuesta después de un estudio comparativo de los costos de bombeo, realizado por Aquamar S.A., Delta Delfini y GPS Group en 2016.

Este estudio determinó el punto de equilibrio para que el costo de las operaciones de bombeo con motores eléctricos sea igual al costo de operación con los motores diésel, en términos de dólares estadounidenses por metro cúbico de agua bombeada. Como resultado, la tarifa eléctrica actual se volvió atractiva, porque para el sector del camarón actual, sería más barato usar electricidad en lugar de diésel.

Además, esta tasa – clasificada dentro del programa de tarifas denominado “bombeo agrícola y piscícola” – tiene una demanda por hora, lo que significa que, por la noche, entre las 10 p.m. y de 7 a.m., el precio de la energía eléctrica está cerca de \$ 0.01 menos por kW-hora.

## ***Beneficios para el Estado***

La venta de electricidad tendría varios beneficios para el gobierno, incluyendo ahorros en divisas para las importaciones de diésel; un impacto positivo en la economía del país y las finanzas públicas; y una balanza de pagos, estabilidad y el déficit fiscal al aumentar los ingresos y los impuestos para las exportaciones de camarón.

Además, produciría un efecto multiplicador en la economía del país, ya que alentaría la inversión privada; la generación de empleo; y la demanda de servicios e inversiones en infraestructura eléctrica, tanto en redes y subestaciones, como en redes de media tensión dentro de las fincas.

## ***Beneficios para la sociedad y el planeta***

El plan de electrificación del sector acuícola de Ecuador está totalmente alineado con los siguientes nueve de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 de las Naciones Unidas

(<https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>;  
(<https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>)):

7. Energía asequible y no contaminante.
8. Trabajo decente y crecimiento económico.
9. Industria, innovación e infraestructura.
10. Ciudades y comunidades sostenibles.
11. Producción y consumo responsable.
12. Acción climática.
13. Salud de los océanos y vida submarina.
14. La vida de los ecosistemas terrestres.
15. Asociaciones para lograr los objetivos.

Ecuador tiene actualmente una oportunidad importante para mejorar dos problemas estructurales del sector que están directamente relacionados con la eficiencia energética (EI): primero, para minimizar el impacto del aumento en los precios del diésel; y segundo, para reducir la brecha tecnológica entre los pequeños, medianos y grandes productores de camarón cultivado.

## **Perspectivas**

En Ecuador, la eficiencia energética debe pasar de la teoría a la práctica a nivel gubernamental. Existe un Plan Nacional para la Eficiencia Energética que aún no ha llegado al sector de la acuicultura. Para garantizar que lo haga, es necesario que el estado diseñe e implemente herramientas e incentivos concretos y tangibles: el interés de las organizaciones multilaterales, las agencias de cooperación internacional y la banca en general. El plan ofrece una excelente oportunidad

para que los pequeños y medianos productores tengan acceso a líneas de crédito verdes que les permitan invertir en sistemas de bombeo altamente eficientes, y para que se agreguen incentivos fiscales específicos a estas líneas de crédito de entidades como el Ministerio de Medio Ambiente y su programa Punto Verde.

El escenario actual tiene un sentido de urgencia, tanto del sector privado como del sector público, para diseñar e implementar una agenda estratégica a largo plazo con tres enfoques: 1. Mejorar la competitividad del sector camaronero ecuatoriano; 2. Para lograr el equilibrio fiscal; y 3. Continuar posicionando y diferenciando al camarón ecuatoriano como el mejor del mundo, no solo por su calidad y sabor, sino también por su modelo de producción sostenible.

Aplaudimos las iniciativas privadas como el **Sustainable Partnership Program** (<http://www.sustainableshrimppartnership.org/>) (Programa de Asociación Sostenible, SSP) liderado por la Cámara Nacional de Acuicultura en Ecuador, donde vemos oportunidades de unir fuerzas para colaborar y complementar esta visión de sostenibilidad.

El programa de electrificación es sin duda una de las soluciones a los problemas estructurales del sector del cultivo de camarón en términos de competitividad. Sin embargo, existen varios cuellos de botella que el estado aún debe resolver, entre los que se encuentran los más relevantes: 1. Certeza del precio de la energía eléctrica a largo plazo; 2. Un marco regulatorio que permita financiar las redes y sub-estaciones eléctricas bajo el modelo de Asociaciones Público-Privadas; y 3. Financiamiento específico con tasas y plazos competitivos.

Alineados con esta visión, el Grupo GPS y Aquamar han lanzado la iniciativa privada AQUA 2.0® (La Acuicultura del Futuro®), que apunta a acelerar la electrificación y el avance técnico de la industria de cultivo de camarón en Ecuador. Esta iniciativa privada ha sido apoyada por proveedores técnicos locales y de clase mundial como Delta Delfini, Cargill – iQuatic, Siemens, Orca Tecnologías y los principales productores de camarones en Ecuador.

Siga al *Advocate* en Twitter [@GAA\\_Advocate](https://twitter.com/GAA_Advocate) ([https://twitter.com/GAA\\_Advocate](https://twitter.com/GAA_Advocate)).

## Authors

---



**ECON. PATRICIO SALAZAR BENÍTEZ**

President GPS GROUP

Guayaquil, Ecuador

[ps@gpsgroup.ec](mailto:ps@gpsgroup.ec) (<mailto:ps@gpsgroup.ec>).



**ING. ENRICO DELFINI ESCALA**

President AQUAMAR S.A.

Guayaquil, Ecuador

[edelfini@aquamar.com.ec](mailto:edelfini@aquamar.com.ec) (mailto:edelfini@aquamar.com.ec).



**ING. RICCARDO DELFINI MATHEUS**

President Delta Delfini y Cía.

Guayaquil, Ecuador

[rdelfini@deltadelfini.com](mailto:rdelfini@deltadelfini.com) (mailto:rdelfini@deltadelfini.com).

Copyright © 2016–2019  
Global Aquaculture Alliance