

# Comparación entre Extruído y Pelletizado en Alimentos de Camarones

Oswaldo Muñoz Latuz

Director de Ventas Latinoamérica  
Extru-Tech Inc.

Parque Norte 12800-8, Lo Barnechea – Santiago, Chile. P.O.Box 8 – 100 Airport Road,  
Sabetha, Kansas 66534, USA.

---

## Resumen

El crecimiento de la industria acuícola, aves, cerdos, etc, ha llevado a que el consumo de las materias primas llegue a niveles muy altos, creando la necesidad de buscar nuevas alternativas de procesos que mejore la calidad y disminuya los costos del alimento de camarones.

Numerosas investigaciones han determinado las ventajas y desventajas entre el proceso de extrusión y pelletizado en la fabricación de alimentos de camarones.

Las principales características del alimento que se persiguen cuidar son: estabilidad en el agua, digestibilidad, hundimiento, tamaño del pellet, reducir la contaminación en el agua, bajar los costos, y otros.

Si bien el proceso de extrusión requiere de una inversión más alta que el pelletizado, como así también, los costos operacionales del primero resultan mayores que el segundo; en el mediano y largo plazo, el proceso de extrusión resulta mucho más económico con una utilidad mucho mayor que el pelletizado.

En este trabajo se comparan las diferentes alternativas que existen para fabricar alimento de camarones vía extrusión y pelletizado con sus últimos avances.

---

## Introducción

Esta recopilación de antecedentes que resume la evolución que ha habido en el campo de la alimentación de camarones, permite no sólo conocer los últimos avances y logros en este campo, sino que además, marca el camino que se está siguiendo para obtener un desarrollo sustentable en el tiempo de esta industria a nivel mundial.

La industria camaronera en los últimos años ha tenido muchos altos y bajos, pero no cabe ninguna duda de que se trata de uno de los cultivos acuícolas más importantes que existe.

Es este hecho, el que debe movernos a pensar la forma de mantener y cuidar esta industria y hacerla cada día más rentable.

## Aspectos Generales

Cuando nos referimos a alimento para camarones estamos hablando de uno de los alimentos más difíciles de fabricar y de uno de los más caros dentro los alimentos acuáticos. Lo anterior debido a que este alimento no sólo debe contener un alto nivel de proteína, sino que además debe tener una alta estabilidad en el agua. Esta última condición, es la que complica la operación. Reduce la cantidad de materias primas de buena calidad disponibles que pueden ser usadas para lograr que el pellet permanezca en el agua sin perder su valor nutricional y con buena estabilidad durante muchas horas.

Los productores de alimentos están permanentemente trabajando para lograr mantener o mejorar la calidad del alimento con una estructura competitiva de precios.

Desde sus inicios, el alimento de camarones ha sido fabricado en equipos pelletizadores, los cuales han sido capaces de proveer un alimento de buena calidad, que ha hecho crecer esta industria en todo el mundo.

Sin embargo, el desarrollo de la industria acuícola, aves, cerdos, etc, ha llevado a que el consumo de ciertas materias primas llegue a niveles muy altos. Presentándose el problema de que no todas las materias primas han podido crecer al ritmo de la industria y han forzado sus precios al alza, con las consiguientes consecuencias. Éste es el caso de la harina de pescado, donde importantes estudios predicen que en los próximos años no habría suficiente harina de pescado disponible en el mundo para abastecer la industria de alimentos balanceados.

Este factor repercute directamente sobre los precios del alimento, que siempre resulta tener la mayor participación en la estructura de costos de los cultivos acuáticos.

Otro factor importante donde los productores de alimento han estado trabajando, ha sido en la contaminación de las aguas, que afecta directamente la mortalidad de los individuos y en la sustentabilidad del negocio en el tiempo.

Por último, dentro de los factores más importantes en la industria de alimentos para camarones, es necesario mencionar la estabilidad del alimento en el agua. A diferencia de otras especies, el camarón localiza su alimento a través del olfato y sabor, más que por la vista y pueden tomar minutos u horas en comerlo.

### **Importancia de la estabilidad en el agua**

Algunas investigaciones han demostrado que cerca del 20% de la proteína cruda, 50% de los carbohidratos y 50% del contenido de vitaminas de alimentos de camarones se pueden perder antes de la ingestión. Por lo tanto, mejorar la estabilidad del pellet en el agua, no sólo es un tema físico, sino nutricional de gran importancia, que además incide en los niveles de conversión del alimento y por supuesto en el costo del alimento.

En alimentos pelletizados para camarones se usan diferentes tipos de binders o ligantes. Existen los nutritivos y no nutritivos siendo ambos usados ampliamente. Los ligantes nutritivos incluyen almidones de granos tales como trigo o arroz. Proteínas crudas de plantas o animales tales como gelatinas, caseína, plasma de sangre y gluten de trigo. Dentro de los ligantes no nutritivos se incluyen hidrocoloides, geles como alginatos y carrageninas, mezclas de ligninas, polímeros, etc.

### **Rol de la Gelatinización del Almidón**

El almidón, que debe estar cocido para activar su funcionalidad, es el principal ligante usado en alimentos de camarones. En presencia de agua y calor, el almidón se hincha, pierde su estructura de cristales y llega a hidratarse en un proceso llamado gelatinización. El estudio de 1995 “Propiedades Físicoquímicas de Alimentos de Camarones con Varias Harinas de Trigo” conducido por G.H. Ryu y coautores de la Universidad del Estado de

Kansas en Kansas, USA, mostraron un 89% de correlación entre el grado de gelatinización del almidón y la estabilidad de 10 alimentos de camarones de Asia.

En presencia de humedad por sobre el 63%, la mayoría de los almidones gelatinizan completamente a temperaturas de 55 – 85°C (131 – 185°F). Sin embargo, con el límite de humedad y tiempo de cocción de los fabricantes de alimentos, la completa gelatinización no ocurre dentro de este rango de temperatura. Entonces se requiere mayor temperatura, presión o fricción para lograrlo.

### **Proceso de Pelletizado**

El proceso de pelletizado en términos simples consiste en tomar materias primas finamente divididas, algunas veces en polvo, impalpables y difíciles de manejar, que a través de la aplicación de calor, humedad y presión mecánica se puedan transformar en partículas más grandes y de naturaleza estable.

Los pellets son usualmente formados cilíndricamente y varían su diámetro desde 3/32” (2,38 mm) a 1<sup>3/8</sup>” (34,9 mm), a pesar que tamaños más grandes que 7/8” (22,2 mm) resultan poco frecuentes. Normalmente el largo del pellet es mayor que el diámetro, variando de 1<sup>1/2</sup> a 2<sup>1/2</sup> veces el diámetro.

Los componentes básicos de un sistema de pelletizado son:

1. Alimentador de velocidad variable
2. Acondicionador
3. Area de matriz y rodillos

Normalmente el alimentador de velocidad variable es del tipo tornillo sin fin, con algunas variaciones en el diseño de las alas. La velocidad variable es necesaria, por una parte para regular la capacidad de producción y por la otra, para acomodar un flujo constante de mezcla al acondicionador.

El acondicionador está equipado con un sistema de inyección de vapor y un puerto para líquidos. El propósito del acondicionador es entregar -a través del vapor- la humedad para lubricar, liberar aceites naturales y lograr una gelatinización parcial de los almidones. Este acondicionador puede ser usado para incorporar hasta un 15% de melasa, sin ningún aditivo especial y hasta un 25-30% de melasa cuando el equipo es el adecuado.

En el área de las matrices y rodillos, se produce la compresión que permite prensar las materias primas acondicionadas y lograr el pellet con el diámetro y largo deseados.

### **Avances en Pelletizados de Alimentos de Camarones**

Los fabricantes de alimentos de camarones incrementan la estabilidad en el agua usando harina de trigo como ligante, mayormente porque el almidón de trigo tiene una menor temperatura de gelatinización que el maíz, arroz y otros granos. El contenido de gluten y el tamaño de partículas finas de la harina de trigo, también ayudan en el proceso de ligamento. Además, el sistema de pelletizado para alimentos de camarones usa técnicas avanzadas de manufactura tales como una molienda fina de las materias primas (molino pulverizador), múltiples acondicionadores a vapor, niveles altos de humedad, matrices de las pelleteras con alta relación de compresión, acondicionadores post-pelletizado y secado. Estas técnicas incrementan los niveles de gelatinización del almidón a un 50-60%, pero existe un límite potencial para mejoras posteriores. También los sistemas existentes son inherentemente caros, debido a su dependencia en las harinas de trigo de alta calidad.

### **Tamaño de los Pellets**

El tamaño ideal en el diámetro del alimento de camarones es de 1.0; 1.5; 2.0 y 2.3 mm. La razón de los tamaños más pequeños se debe a la alimentación basada en la biomasa en las piscinas. En el caso del alimento pelletizado, es común ver los tamaños más pequeños de los pellets en 2 – 2.3 mm de diámetro. Mientras más pequeños, mayor cantidad de pellets se dará por camarón.

Una piscina con 500.000 post larvas y con una supervivencia que se estima en 80%, proporciona 400.000 camarones aproximadamente, con un promedio de 12 gramos por animal. Este cálculo nos lleva a 4,800 kg de camarones, los cuales deben ser alimentados con un equivalente del 2 a 4% de la biomasa por día. Esto debería ser entre 96 a 192 kg de alimento, con un promedio de 144 kg/día. Si se alimenta 4 veces por día, significa 36 kg de alimento por vez. La tabla 1 muestra el número de pellets disponibles por cada camarón dependiendo del tamaño del pellet, para el caso mencionado. Por lo tanto, a menor tamaño del pellet, mayor número de pellets disponibles por camarón. Asumiendo una adecuada técnica de alimentación, esto permite que cada camarón tenga mayor opción de alimentarse y por ende el crecimiento es más uniforme.

Tabla 1. Número de Pellets por Camarón

Proceso	Tamaño del Pellet (mm x mm)	Nº de Pellets por cada 36 kg	Nº de Pellets/Camarón (400.000)
Pelletizado	2 x 6	818,200	2.04
Pelletizado	2.3 x 7	857,000	2.14
Extruído	1.8 x 6	1,286,000	3.22
Extruído	1.5 x 4	2,250,000	5.62
Extruído	1 x 7	3,000,000	7.50

### Proceso de Extrusión

En los últimos años se ha avanzado mucho en el desarrollo de sistemas de extrusión para mejorar los alimentos de camarones desde el punto de vista de las características físicas, gelatinización de los almidones, tasa de hundimiento, pasteurización, estabilidad en el agua y en general, propiedades críticas que impactan nutricionalmente y al medio ambiente.

La gelatinización de los almidones en alimentos de camarones es importante ya que afecta la digestibilidad y contribuye a la estabilidad en el agua. El alimento que no es inmediatamente consumido debe ser estable para proteger la calidad del agua. El alimento que flota afecta su eficiencia a través de la propia presentación para el consumo.

La densidad final del alimento es el principal factor en determinar la flotación del alimento (Tabla 2).

El alimento de camarones requiere un rápido hundimiento. Hay muchos factores que influyen en la flotación y estos incluyen la tensión superficial en la interfase entre el alimento pelletizado y el agua, desplazamiento del pellet, temperatura y salinidad del agua.

Para el control de la densidad, se pueden ajustar varios parámetros de proceso, pero pueden afectar desfavorablemente otros parámetros como la capacidad del sistema.

Sin embargo, en la actualidad existen algunos sistemas y equipos disponibles para la fabricación de alimentos para camarones a la densidad deseada, mientras se mantienen óptimos los parámetros de proceso.

Tabla 2. Densidad Según el Tipo de Alimento

Tipo de Alimentos	Densidad en Agua Salada 20°C (3% de Salinidad)	Densidad en Agua Dulce 20°C
Flotante	< 480 g/l	< 440 g/l
Neutro	520 – 540 g/l	480 – 500 g/l
Lento Hundimiento	580 – 600 g/l	540 – 560 g/l
Rápido Hundimiento	> 640 g/l	> 600 g/l

### **Alternativas de Equipos y Sistemas Vía Extrusión**

Para un adecuado control de la densidad de los alimentos, existen:

- Extrusor con Sistema de Venteo con o sin Vacío
- Extrusor con Cámara de Control de Presión
- Extrusor con Unidad Densificadora de Productos o PDU (Equipos separados)

### **Extrusor con Sistema de Venteo con o sin Vacío**

El barril del extrusor es normalmente cerrado y la presión que se ejerce sobre el alimento aumenta hasta que éste sale por los orificios de las matrices, resultando en una expansión.

Cuando se requiere un alimento con mayor densidad, como es el caso del camarón, el barril del extrusor puede ser configurado para incluir un sistema de venteo, el cual libera presión del proceso y reduce la temperatura del producto mediante un enfriamiento evaporativo (Fig. 1).

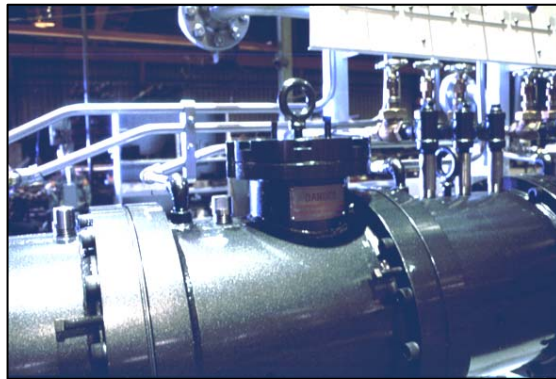


Figura 1. Extrusor con Sistema de Venteo sin Vacío.

También se le puede adicionar un sistema de vacío (Fig. 2), para incrementar la densidad del producto aún más, con un mayor enfriamiento evaporativo. La asistencia de vacío (hasta 0.7 bar) aumenta la durabilidad del pellet, incrementa la densidad y reduce la humedad del extruído. Sin embargo, presenta algunas desventajas como:

- Incrementa la inversión en equipos
- Reduce la capacidad de producción del extrusor en un 25 a 50%
- Produce algo de desecho de productos finos desde el venteo y agua desde la bomba de vacío. Estos desechos pueden ser reprocesados, como se muestra en la figura 2.
- Reduce el control de la energía específica mecánica.



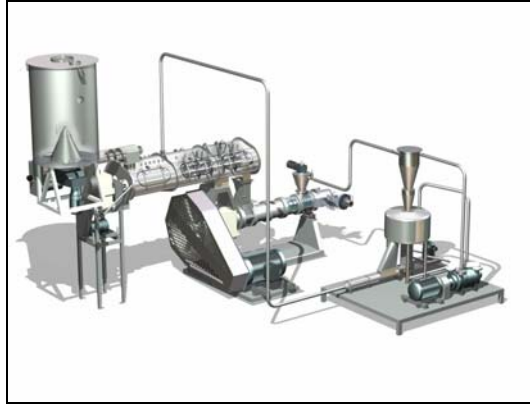


Figura 2. Extrusor con Sistema de Venteo y Asistencia de Vacío

### **Extrusor con Cámara de Control de Presión**

Este sistema se compone de dos elementos, el Back Pressure Valve (BPV) o Válvula de Contra Presión (Fig. 3) y la External Density Chamber (EDC) o Cámara Externa de Presión. Este sistema completo (BPV + EDC), se llama “External Density Management System” o Sistema para el Manejo Externo de la Densidad (EDMS) (Fig. 4a y 4b).

La característica final del producto puede ser controlada por la restricción de las matrices del extrusor. La Válvula de Contra Presión (BPV) permite ajustar la restricción de la matriz, mientras el extrusor está en operación. Este BPV es montado al final del extrusor y previo a la matriz, como se muestra en la figura 3.

El BPV permite controlar la energía específica mecánica y la presión del proceso. De esta manera se logra un control de la densidad en línea. También el BPV permite un control interno de la fricción, lo cual aporta importantes propiedades al producto, tales como:

- Densidad del pellet
- Tamaño y uniformidad de la estructura de las celdas del pellet
- Gelatinización del almidón
- Definición de la forma del pellet
- Absorción de agua y grasa

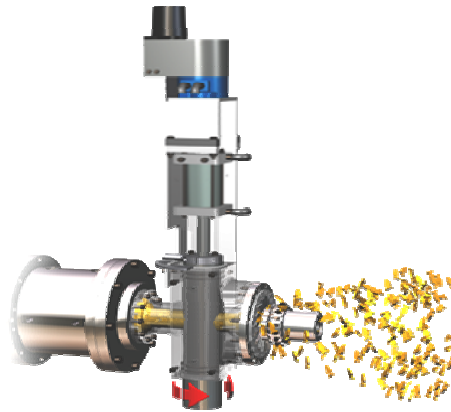


Figura 3. Back Pressure Valve o Válvula de Contra Presión (BPV)

Al BPV se le puede agregar una cámara para controlar la presión. Dentro de la cual, queda herméticamente cerrada la matriz y los cuchillos. De esta manera se puede controlar la presión externa inmediatamente a la salida del extrusor. Este aumento de la presión externa permite aumentar el punto de ebullición del agua y por lo tanto, reducir la “Expansión Flash-Off”, con lo que se logra incrementar la densidad del pellet. En la Tabla 3 se muestra el efecto de la presión sobre el flash-off.

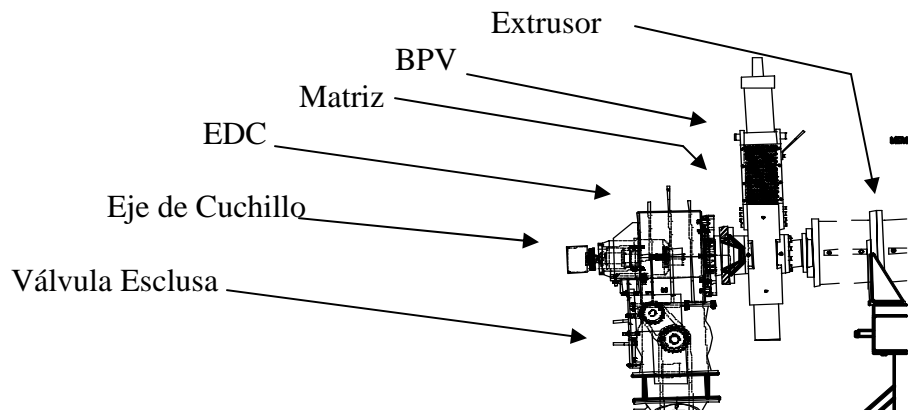


Figura 4a. Sistema para el Manejo Externo de la Densidad ó External Density Management System (EDMS).



Figura 4b. Extrusor con Cámara de Control de Presión (EDMS)

Tabla 3. Efecto de Incremento de Presión en el EDMS

Sobre Presión en la Cámara (bar)	Punto de Ebullición del Agua (°C)	Incremento Esperado en la Densidad del Producto (%)
0	100	0
0.5	112	10.0
1.0	121	18.3
1.5	128	25.0
2.0	134	28.3

Este sistema opera muy bien y la calidad del alimento para camarones es excelente, con una muy buena estabilidad en el agua. Sin embargo, la única limitación que tiene este sistema, es que en tamaños de pellet muy pequeños la capacidad de producción se ve disminuida.

### **Extrusor con Unidad Densificadora de Productos o PDU**

Otro sistema que se utiliza para la fabricación de ambos tipos de alimentos acuáticos, flotantes y hundibles, es un sistema dual compuesto por un extrusor y una unidad densificadora de producto (Fig. 5).

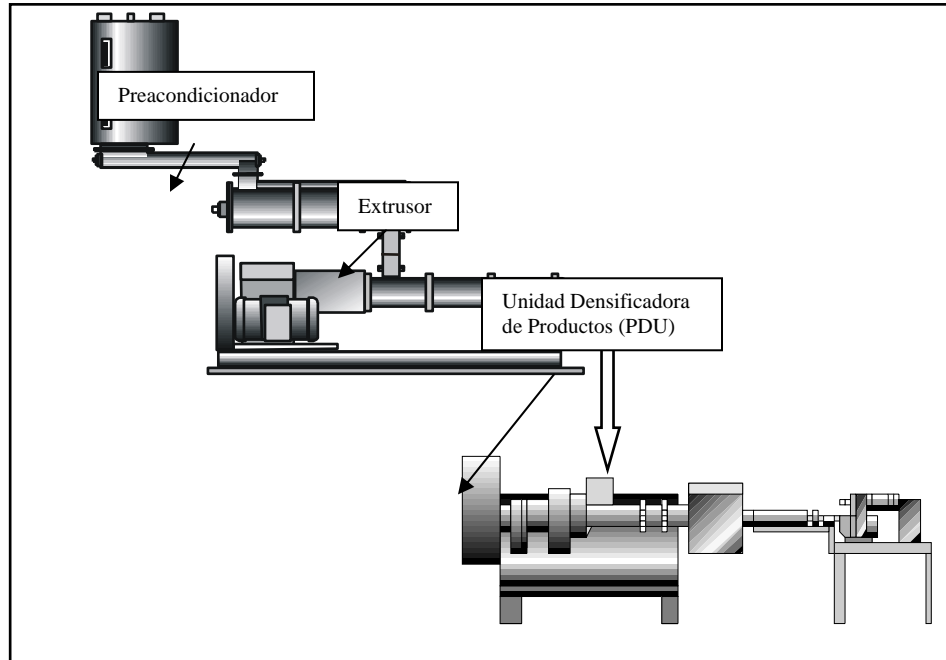


Figura 5. Extrusor con Unidad Densificadora de Productos o PDU.



En este proceso el extrusor puede ser usado en forma separada para la producción de alimento flotante y/o de lento hundimiento. Pero si se combina con el equipo densificador, se puede por una parte, lograr una completa cocción de los almidones con el extrusor y por otra, densificarlo para lograr un alimento con una excelente estabilidad en el agua y una densidad lo suficientemente alta para lograr un rápido hundimiento.

Como se mencionó al comienzo de este trabajo, una buena estabilidad en el agua y una buena digestibilidad o conversión del alimento, se logra con un buen nivel de cocción de los almidones. Esto se puede hacer en un extrusor que posea un sistema de preacondicionamiento adecuado. Sin embargo, esto se contrapone al hecho de que a mayor nivel de cocción de los almidones en la extrusión, mayor expansión y por lo tanto mayor flotación del alimento. Es por esta razón que si separamos ambos procesos, los podemos llevar a su óptimo nivel de calidad y rendimiento en cada uno de ellos.

Una de las principales ventajas de este sistema es que el extrusor trabaja a su máxima capacidad de producción y el PDU entrega un pellet con una excelente digestibilidad y estabilidad en el agua.

### **Principales Diferencias del Alimento para Camarones Extruído v/s Pelletizado**

- En el alimento extruído el almidón está altamente cocido.
- La conversión del alimento es más alta.
- Los resultados mostrados por algunas empresas con la dieta testeada muestra entre un 20 a 25% de reducción en alimento usado debido a una mejor conversión.
- El alimento extruído se encuentra pasteurizado, a diferencia del alimento pelletizado que lleva en sí, la carga bacteriana proveniente de las materias primas como salmonellas, E. Coli, listeria, etc.
- El diámetro más pequeño del alimento extruído puede ser desde 1mm. En el caso del pelletizado, puede ser desde 2 a 2.3 mm. De esta manera la disponibilidad de alimento extruído es mayor por cada camarón. Lo que significa que los camarones compiten menos por el alimento, lo cual conlleva a nivelar su crecimiento uniformemente.
- El alimento extruído permite agregar más soya en la dieta y disminuir la harina de pescado. Y a medida que crecen los camarones éstos van aceptando más soya en la dieta.

- También a través de la extrusión se puede usar menos harina de trigo o algún ingrediente como binder o ligante, lo cual deja más espacio en la fórmula para usar ingredientes con niveles de proteínas menores, sin variar el aporte nutricional final. Esto permite bajar los costos de la fórmula considerablemente.
- Los desechos o fecas de los camarones alimentados con dietas pelletizadas, aportan una importante cantidad de nitrógeno, proteínas y aminoácidos que favorecen la descomposición de los fondos de las piscinas, lo que se traduce en proliferación de bacterias y por consiguiente de enfermedades que finalmente aumentan la mortalidad. En el caso del alimento extruído este aporte es significativamente menor y por lo tanto menor mortalidad.

## **Comparación Económica entre una Planta de Extrusión v/s Pelletizado para Camarones**

Consideraciones Generales:

- Planta para producir :
  - 5,000 kg/hr
  - 300 días/año
  - 16 hr/día
 Total 24,000 ton/año

### **Planta de Extrusión**

#### **I. Capital y amortización por año (primeros cinco años)**

- Equipos incluidos:
  - Recepción de ingredientes
  - Zona de mezclado
  - Molienda (Molino de Martillo)
  - Sistema de Extrusión y Densificación, Secador, Sistema de Cobertura, Empaque

- Puesta en Marcha

Inversión Total de US\$ 2,000,000.00

Amortización: 5 años, 10% interés

Pago de amortización aproximado por año: US\$ 528,000.00

Total amortización por tonelada: US\$ 22.00

### **Consumos y Costos**

#### **A. Costo de Electricidad:**

Consumo Total: 561 Kw

Costo de Electricidad: US\$ 0.10/Kwh

Toneladas/hr: 5

$$\frac{561 \times 0.10}{5} = \text{US\$ } 11.22/\text{ton}$$

#### **B. Costo de Vapor:**

Consumo Estimado Total: 2,200 kg vapor/hr (extrusor, secador y cobertura)

Costo de Vapor: US\$ 22.80/ton

Toneladas/hr: 5

$$\frac{2.20 \times 22.80}{5} = \text{US\$ } 10.03/\text{ton}$$

#### **C. Costo de Agua:**

Consumo Estimado Total: 3,300 lt/hr

Costo de Agua: US\$ 1.50/M3

Toneladas/hr: 5

$$\frac{3.30 \times 1.50}{5} = \text{US\$ } 0.99/\text{ton}$$

## II. Costo de Fórmula:

Esta parte de los costos puede tener grandes variaciones. Los equipos de extrusión pueden reducir los costos de formulación debido a que se puede usar un menor nivel de almidón y ligante en la fórmula que en el alimento pelletizado. Esto deja un mayor espacio para poder utilizar ingredientes de menor nivel nutricional y por lo tanto de menor costo, pero que al final resultará en una fórmula con el mismo aporte nutricional deseado.

Un mínimo de 10% de almidón en la fórmula, es suficiente para lograr una buena liga con el resto de los ingredientes en el alimento extruído.

En la Tabla 4 se muestra el costo de una fórmula tipo, la cual evidentemente puede ser modificada de acuerdo a la disponibilidad de materias primas de cada empresa.

Una fórmula tipo con 41% de proteína y 18% de harina de pescado tiene un costo de aprox. US\$ 418/ton.

## Planta de Pelletizado

### I. Capital y amortización por año (primeros cinco años)

- Equipos incluídos:



- Recepción de ingredientes
- Zona de mezclado
- Molienda (Molino Pulverizador)(\*)
- Sistema de Pelletizado, Secador, Sistema de Cobertura, Empaque
- Puesta en Marcha

Inversión Total de US\$ 1,350,000.00

Amortización: 5 años, 10% interés

Pago de amortización aproximado por año: US\$ 356,000.00

Total amortización por tonelada: US\$ 14.83

(\*) Se incluye un Molino Pulverizador, para lograr un pellet de mejor calidad.

## II. Consumos y Costos

### A. Costo de Electricidad:

Consumo Total: 521 Kw

Costo de Electricidad: US\$ 0.10/Kwh

Toneladas/hr: 5

$$\frac{521 \times 0.10}{5} = \text{US\$ } 10.42/\text{ton}$$

### B. Costo de Vapor:

Consumo Estimado Total: 250 kg vapor/hr

Costo de Vapor: US\$ 22.80/ton

Toneladas/hr: 5

$$\frac{0.250 \times 22.80}{5} = \text{US\$ } 1.14/\text{ton}$$

### C. Costo de Agua:

Consumo Estimado Total: No se considera consumo de agua

### III. Costo de Fórmula:

Es sabido que una buena dieta pelletizada de camarones requiere de un contenido alto de harina de pescado.

Más abajo en el cuadro N°4 se muestran dos fórmulas tipo, las cuales obviamente son sólo un ejemplo que permite dimensionar la importancia de poder tener un espacio mayor para poder formular con costos menores.

Una fórmula tipo con 41% de proteína y 40% de harina de pescado tiene un costo de aprox. US\$ 506/ton.

Tabla 4. Comparación de fórmulas, extruídas y pelletizadas para camarones.

Ingredientes	Proteína		Extruído			Pelletizado		
	%	Costo US\$/ton	Fórmula %	Proteína %	Costo US\$/ton	Fórmula %	Proteína %	Costo US\$/ton
Harina de Soya	44.0	315	34	15%	107	12	5%	38
Harina de Semilla de Algodón	41.0	250	5	2%	13	0	0%	0
Harina de Pescado	60.0	750	18	11%	135	40	24%	300
Harina de Carne	50.0	400	3	2%	12	0	0%	0
Soluble de Pescado	32.7	350	3	1%	11	0	0%	0
Harina de Camarón	40.0	450	10	4%	45	6	2%	27
Harina de Calamar	70.0	450	5	4%	23	4	3%	18
Afrecho de Trigo	15.5	300	10	2%	30	4	1%	12
Harina de Arroz	12.7	250	5	1%	13	0	0%	0
Gluten de Trigo	80.0	1200	0	0%	0	3	2%	36
Harina de Trigo	12.0	250	0	0%	0	27	3%	68
Levadura de Cerveza	43.8	800	2	1%	16	0	0%	0
Aceite de Pescado		750	2	0%	15	1	0%	8
Vitaminas y Minerales			3	0%	0	3	0%	0
<b>Totales</b>			<b>100</b>	<b>41%</b>	<b>418</b>	<b>100</b>	<b>41%</b>	<b>506</b>



### Resumen Comparación Económica Extrusión v/s Pelletizado

	<b>Extrusión (US\$/ton)</b>	<b>Pelletizado (US\$/ton)</b>
Capital y Amortización por año	22.00	14.83
Costo de Electricidad	11.22	10.42
Costo de Vapor	10.03	1.14
Costo de Agua	0.99	0.00
Costo de Fórmula	418.00	506.00
<b>Totales</b>	<b>462.24</b>	<b>532.39</b>
Costo Total (US\$) (basado en 24,000 ton/año)	11,093,760	12,777,360
Diferencia en 1 año (US\$)		1,683,600

Esto quiere decir que al cabo de un año en una planta para camarones vía extrusión se puede ahorrar alrededor de US\$ 1,683,600. Esto es además de la rentabilidad propia del negocio.

En esta diferencia no se incluyen los ahorros que se producen al dar de un 20 a 25% menos de alimento. Ni las ganancias extras que se generan por la menor contaminación, menor mortalidad y mayor estabilidad del pellet en el agua.

### Conclusiones

1. Si bien el sistema de extrusión requiere de una inversión mayor y sus costos operativos son más altos que el sistema de pelletizado, la extrusión en el mediano y largo plazo es mucho más rentable.
2. En la extrusión, el principal ahorro se logra al bajar los costos de formulación y esto se produce al tener mayor espacio en la fórmula para utilizar un rango más amplio de materias primas.

3. Se pueden fabricar alimentos de camarones con un buen perfil aminoacídico, con un contenido muy bajo de harina de pescado (2 a 3%).
4. El alimento extruído tiene mejor digestibilidad que el pelletizado (se puede dar entre un 20 a 25% menos alimento para lograr la misma biomasa).
5. El alimento extruído tiene mejor estabilidad en el agua que el pelletizado (dependiendo de la fórmula se puede llegar a 24 hrs en el agua sin problemas).
6. Ambos alimentos pueden lograr un 100% de hundimiento.
7. El alimento extruído se encuentra pasteurizado y sin bacterias, no así el pelletizado que lleva toda la carga bacteriana de las materias primas.
8. El alimento pelletizado aporta un importante nivel de desechos al agua en forma de fecas que favorecen la descomposición de los fondos de las piscinas, lo que se traduce en proliferación de bacterias y por consiguiente de enfermedades y finalmente mayor mortalidad.
9. A través de la extrusión se pueden lograr tamaños de pellets más pequeños (hasta 1mm de diámetro).

## Referencias

- Chamberlain.,GW.; (2004) Extruded Reemerge, Global Aquaculture Advocate, June 2004.
- Kearns., JP.; (1989) Advantages of Extrusion Cooking and Comparisons with the Pelleting Process for Aquatic Feeds, Prepared for American Soybean Association Aquaculture Workshop for the People's Republic of China.
- Rokey., GJ.; (2004) Modern Extrusion Systems for Shrimp Feed Production, Aqua Feeds: Formulation & Beyond, volume 1 Issue 2.
- Centro Técnico de Wenger, Recopilación de información de múltiples pruebas de alimentos para camarones, realizadas durante muchos años, a la fecha, Sabetha Kansas, USA.