



**Código Proyecto Corfo 207-6157**

**Modelamiento matemático para el uso eficiente  
de mallas de cultivo de salmones**

***Multiexport Foods***  
***Alimentando el Futuro***

**Jueves 16 de Octubre del 2008**

## Índice

1	Contenido Informe Técnico Consultoría Especializada:.....	3
1.1	Antecedentes de la Industria y la empresa. ....	3
1.2	Fecha en que se realizó la Consultoría .....	4
1.3	Identificación de la empresa beneficiaria .....	4
1.4	Grado de cumplimiento del programa de actividades (si es distinto al 100% programado, explicar motivos) .....	5
1.5	Logros destacables del proyecto de Consultoría Especializada .....	6
1.6	Resultados y conclusiones (en términos generales y específicos) .....	7
2	Contenido Informe Rendición de Desembolsos del proyecto: .....	8
2.1	Registros Contables en la Empresa .....	8
2.2	Documentación de respaldo de las partidas de desembolsos asociados al proyecto: .....	8
2.3	Verificación de la documentación en terreno .....	9

## **1 Contenido Informe Técnico Consultoría Especializada:**

### ***1.1 Antecedentes de la Industria y la empresa.***

La introducción de especies acuícolas exóticas se produjo en Chile entre 1850 y 1920, pero los primeros salmones llegaron a nuestro país a partir de 1921, gracias a la labor del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP).

Fue recién a principios de los años 80 que se comenzó a cultivar el salmón en Chile. Hacia 1985, existían en nuestro país 36 centros de cultivo operando y la producción total llegaba a más de 1200 toneladas. Un año más tarde comenzó el auge de la industria salmonicultora y la producción ya superó las 2100 toneladas anuales. Ese mismo año, y como muestra de una consolidación definitiva de la industria salmonicultora, nació la Asociación de Productores de Salmón y Trucha de Chile A.G, hoy SalmonChile, la Asociación Gremial que aglutina a las empresas del sector en el país.

En 1990, la salmonicultura comenzó a desarrollar reproducción en Chile y se obtuvieron las primeras Ovas nacionales de Salmón Coho, uno de los 3 tipos que hoy se cultivan (los otros dos son la Trucha y el Salmón del Atlántico). Este hito se recuerda como el primer adelanto científico chileno en el área y el punto de partida para el despegue definitivo de la industria. Desde ese momento se realizaron las mejoras más importantes en los alimentos para salmones. El aumento de los volúmenes permitió la profesionalización de la industria, incorporando los alimentos secos con crecientes contenidos de lípidos, y un balance más eficiente entre éstos y las proteínas.

Junto con las mejoras en los procesos de alimentación, la industria avanzó en otras técnicas de cultivo. Actualmente, los peces se trasladan del agua hacia los equipos de selección con bombas, mientras que el conteo, selección y graduación se realiza en una sola operación, disminuyendo al máximo el contacto de los salmónidos con elementos extraños.

No obstante los avances de la industria chilena y de los mercados, en 1998 la industria vivió uno de sus momentos más complicados debido a la crisis asiática, que hizo caer los precios en Japón, y una sobreproducción a nivel mundial. Sin embargo, y gracias a las medidas necesarias para enfrentar la situación y la correcta manera de abordar los desafíos por parte de los diversos productores, la industria pudo sobrellevar el problema y seguir aumentando su producción.

Hoy la industria salmonicultora es el tercer sector exportador del país (Prochile, noviembre 2006), genera más de 45.000 empleos directos e indirectos, y con sus 620 mil toneladas de producción en 2006 (38% de la producción mundial) es el segundo productor de salmones superado sólo por Noruega, que tiene el 39%. Asimismo, la industria prevé un crecimiento al doble de su producción en los próximos 5 años.

Salmones Multiexport, fundada en 1987, se encuentra dentro de las diez empresas de la industria del salmón más grandes del mundo, y una de las cinco más importantes de Chile. Produce casi 40 mil toneladas de salmones al año y da empleo a 1590 personas.

Sus principales compradores son Estados Unidos (33%), Rusia (19%), Japón (14%) y resto de Europa (14%).

Salmones Multiexport proyecta una tasa de crecimiento para el año 2007 de un 15%.

### **1.2 *Fecha en que se realizó la Consultoría***

La consultoría se llevó a cabo desde Octubre del 2007 a Agosto 2008.

### **1.3 *Identificación de la empresa beneficiaria***

Multiexport Foods S.A.

#### 1.4 Grado de cumplimiento del programa de actividades (si es distinto al 100% programado, explicar motivos)

Nivel de cumplimiento del programa de actividades:

Item del Programa de Actividades	Nivel de Cumplimiento	Comentarios	Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arial, Español (España - alfab. tradicional)
Estudio del Problema: del 1 de octubre del 2007 al 31 de octubre del 2007.	100%	Se realizó un estudio detallado del problema encontrando las variables relevantes para ser representadas y modeladas en un modelo de programación matemática, que permitieron entender y optimizar las decisiones del recambio de mallas	
Generar una propuesta de solución: del 1 de noviembre del 2007 al 30 de noviembre del 2007.	100%	La solución propuesta fue, apoyar la toma de decisiones con herramientas de programación matemática con soluciones optimizadas y en muy cortos periodos de procesamiento.	
Desarrollar el modelo: del 1 de noviembre del 2007 al 30 de noviembre del 2007.	100%	Se construyó el modelo	
Obtención de datos: del 1 de octubre del 2007 al 30 de noviembre del 2007.	100%	Se realizó la recopilación de los datos que necesita el modelo, y se analizó la forma de automatizar, en el futuro, la carga de datos.	
Programar el modelo: del 1 de diciembre del 2007 al 31 de diciembre del 2007.	100%	Primero se probó el modelo con datos simulados y posteriormente se hizo la requisición de los datos en un formato standard para incorporarlo al modelo.	
Generar las interfaces de información desde y hacia el modelo: 1 de enero del 2008 al 29 de febrero del 2008 .	100%	Se decidió realizar la carga de datos mediante archivos excel, los cuales serían cargados automáticamente por la aplicación.	
Hacer corridas de prueba: 1 de enero del 2008 al 29 de febrero del 2008.	100%	Pruebas con datos del área de Estuario y Dalcahue.	
Analizar y comparar soluciones: 1 de marzo del 2008 al 31 de marzo del 2007.	100%	Las soluciones fueron compartidas con los especialistas en la mantención de las mallas de cultivo dentro de Multiexport, y después de ajustes fueron validadas.	
Proceso de Implementación: 1 de abril del 2008 al 30 de abril del 2008.	100%	El proceso de implementación consistió en la construcción de la aplicación que actúa como interfaz entre el modelo y los usuarios. Este se llevó a cabo por especialista en programación.	
Puesta en marcha: 1 de mayo del 2008 al 31 de julio del 2008.	100%		

## **1.5 Logros destacables del proyecto de Consultoría Especializada**

Se construyó un modelo matemático de programación lineal que ha permitido apoyar las siguientes decisiones:

- Pintar o no pintar: El modelo ha tendido a mostrar que conviene pintar menos de lo que era usual. Esto calza con la intuición de los expertos dentro de la empresa (Operadores y Gerente de Operaciones).
- Utilización de barcos: El modelo puede ser usado para sugerir número ideal de barcos y de buzos, considerando los costos de arrendamiento de barcos, costos operacionales de barcos, costos de buzos, la cantidad de mallas que se pueden transportar. El costo de barcos y buzos es 9 millones de dólares al año. Los costos de compra y mantenimiento de mallas son aproximadamente 5 millones anuales adicionales. Se podría evaluar también la conveniencia de capacitar buzos para aumentar su productividad. Debe considerarse que el modelo es determinístico, no considera probabilidades de falla de los barco, problemas climáticos, por ejemplo. Por esto, debe tenerse en reserva barcos y buzos por eventualidades que el modelo no considera.
- Ahorro de tiempo: Anteriormente el trabajo de asignación de mallas a centros de cultivos consumía casi el 100% del tiempo de los ingenieros dedicados a la coordinación de los talleres, barcos y centros de cultivos. El modelo permite organizar todo este proceso para 3 meses en sólo un par de minutos. Con lo que se pueden analizar varios escenarios y tomar decisiones de mejor calidad, sin requerir de ingenieros dedicados sólo a la coordinación, sino que dedicados a la optimización del proceso.
- Colocamos algunos beneficios de la aplicación? La sistematización del modelo a través de una aplicación, permite tener una relación amigable con un usuario no especializado en modelos matemáticos. La existencia de la aplicación permite realizar un seguimiento histórico de los cambios de malla efectivamente realizados. Esta realimentación de información, facilita la generación y ejecución de las instancias correspondientes a las aplicaciones sucesivas del modelo como también la simulación de escenarios.

## 1.6 Resultados y conclusiones (en términos generales y específicos)

Nivel de cumplimiento de los objetivos planteados:

Objetivo	Nivel de Cumplimiento	Comentarios
Construir un modelo matemático que minimice los costos de mantenimiento.	100%	Se construyó e implementó un modelo de programación matemática, cuya función objetivo es minimizar los costos de transporte, compra de mallas y de deterioro de las mallas por uso.
Generar una programación de actividades de cambio de mallas y las respectivas decisiones de pintado.	100%	Como salida, el modelo genera una programación para el recambio y pintado de las mallas, para los próximos 3 meses, basándose en la planificación de los centros de cultivos.
Implementación de este desarrollo en la empresa gestora.	100%	El modelo se construyó e implementó en la herramienta OPL Studio con CPLEX 11.1. Luego esto fue traspasado a una aplicación en JAVA para facilitar su uso, mejorar la interfaz con los usuarios y adicionar herramientas como almacenaje de información y seguimiento de procesos.
Estudiar la extensión de esta metodología a otras empresas dentro de esta industria.	100%	El modelo es muy flexible, sólo necesita que se ingresen planificaciones de siembra y cosecha de cultivos, las instalaciones con que cuenta la empresa, cantidad y tipo de sus mallas y otros datos menores, para que el modelo encuentre la mejor forma de pro

Se concluye que fue un proyecto exitoso pues se cumplieron todos los objetivos planteados, de hecho con la aplicación se implementaron soluciones mucho más robusta de lo planificado, almacenando la historia de los recambios, permitiendo hacer pruebas y optimizaciones antes no contempladas, como el número de barcos requeridos para realizar los recambios.

Además el modelo les permitió responder preguntas que tenían sin respuesta desde hace mucho tiempo, como: Es necesario pintar todas las mallas?, a partir de cuanto tiempo de permanencia en mar, debo re-pintar las mallas?.

Todo esto deja muy satisfecho a los gestores del proyecto y sus ejecutores, la Universidad de Chile.

## 2 Contenido Informe Rendición de Desembolsos del proyecto:

### 2.1 Registros Contables en la Empresa

### 2.2 Documentación de respaldo de las partidas de desembolsos asociados al proyecto:

ANTECEDENTES GENERALES

CÓDIGO PROYECTO	207-6157
TÍTULO DEL PROYECTO	Modelamiento Matemático para el uso eficiente de mallas de cultivo de salmones
EMPRESA BENEFICIARIA GESTORA	Salmones Multiexport S.A.

#### 2.- CUADRO RESÚMEN

PARTIDAS DE COSTO	DESEMBOLSOS PROGRAMADOS MILES (\$)	DESEMBOLSOS REALES MILES (\$)
SERVICIO BÚSQUEDA EXPERTO		
HONORARIOS EXPERTO	33.380.000	32.484.000
PASAJES EXPERTO	3.750.000	3.301.137
ESTADIA EXPERTO	3.750.000	841.040
TRADUCCION		
TOTAL	<b>40.880.000</b>	<b>36.626.177</b>

### 2.3 Verificación de la documentación en terreno

<b>CÓDIGO PROYECTO</b>	207-6157		
<b>TÍTULO</b>	<a href="#">Modelamiento Matemático para el uso eficiente de mallas de cultivo de salmones</a>		
<b>PERIODO</b>	<b>DESDE</b>	01-10-2007	<b>HASTA</b> 29-08-2008
<b>COSTO TOTAL M\$</b>	40.880.000		
<b>APORTE INNOVA CHILE M\$</b>	20.440.000		

#### 1.- LISTA DE CHEQUEO DOCUMENTOS DE RESPALDO QUE DEBEN ADJUNTARSE A LA RENDICIÓN

PARTIDA	DOCUMENTO REQUERIDO POR INNOVA CHILE PARA RESPALDO	Nº DEL DOCUMENTO DE RESPALDO QUE SE ADJUNTA	MONTO M\$
Servicio Búsqueda de Experto			
Honorarios Experto	BOLETA DE HONORARIOS GUILLERMO ALFREDO DURAN	90	1.344.000
	BOLETA DE HONORARIOS GUILLERMO ALFREDO DURAN	87	1.344.000
	BOLETA DE HONORARIOS GUILLERMO ALFREDO DURAN	85	1.344.000
	BOLETA DE HONORARIOS GUILLERMO ALFREDO DURAN	81	1.344.000
	BOLETA DE HONORARIOS GUILLERMO ALFREDO DURAN	78	1.344.000
	BOLETA DE HONORARIOS GUILLERMO ALFREDO DURAN	75	1.344.000
	BOLETA DE HONORARIOS GUILLERMO ALFREDO DURAN	74	1.344.000
	BOLETA DE HONORARIOS GUILLERMO ALFREDO DURAN	69	4.032.000
	BOLETA DE HONORARIOS RAFAEL EPSTEIN NUMHAUSER	2	4.480.000
	BOLETA DE HONORARIOS ANDRES FELIX WEINTRAUB POHORILLE	29	896.000
	BOLETA DE HONORARIOS ANDRES FELIX WEINTRAUB POHORILLE	26	896.000
	BOLETA DE HONORARIOS ANDRES FELIX WEINTRAUB POHORILLE	24	896.000
	BOLETA DE HONORARIOS ANDRES FELIX WEINTRAUB POHORILLE	19	896.000
	BOLETA DE HONORARIOS ANDRES FELIX WEINTRAUB POHORILLE	18	896.000
	BOLETA DE HONORARIOS ANDRES FELIX WEINTRAUB POHORILLE	16	896.000
	BOLETA DE HONORARIOS ANDRES FELIX WEINTRAUB POHORILLE	15	896.000

	FELIX WEINTRAUB POHORILLE		2.688.000
	BOLETA DE HONORARIOS FRANCISCO ORLANDO CISTERNAS VERA	33	650.000
	BOLETA DE HONORARIOS FRANCISCO ORLANDO CISTERNAS VERA	30	650.000
	BOLETA DE HONORARIOS FRANCISCO ORLANDO CISTERNAS VERA	28	650.000
	BOLETA DE HONORARIOS FRANCISCO ORLANDO CISTERNAS VERA	25	650.000
	BOLETA DE HONORARIOS FRANCISCO ORLANDO CISTERNAS VERA	24	650.000
	BOLETA DE HONORARIOS FRANCISCO ORLANDO CISTERNAS VERA	23	1.300.000
	BOLETA DE HONORARIOS FRANCISCO ORLANDO CISTERNAS VERA	22	1.950.000
Pasajes Experto	FACTURA ANDINA DEL SUD PASAJES DIEGO MORÁN FERNANDA BRAVO	92837	54.001
	FACTURA ANDINA DEL SUD PASAJES DIEGO MORÁN	92178	54.001
	FACTURA ANDINA DEL SUD PASAJES DIEGO MORÁN	92014	51.501
	FACTURA ANDINA DEL SUD PASAJES DIEGO MORÁN	76688	86.000
	FACTURA ANDINA DEL SUD PASAJES DIEGO MORÁN	76036	22.000
	FACTURA ANDINA DEL SUD PASAJES DIEGO MORÁN	75904	16.000
	FACTURA TURISMO, CIAJES Y EXCURSIONES LTDA. PASAJES GUILLERMO DURAN ANDRES WEINTRAUB	20159	413.308
	FACTURA ANDINA DEL SUD PASAJES ALEJANDRO BARANEK	91869	262.627
	FACTURA ANDINA DEL SUD PASAJES ALEJANDRO BARANEK	92839	414.011
	FACTURA LAN AIRLINES S.A. PASAJES ANDRES WEINTRAUB	847408	277.102
	FACTURA LAN AIRLINES S.A. PASAJES GUILLERMO DURAN JAVIER MARENCO	847408	577.204
	FACTURA LAN AIRLINES S.A. PASAJES ALEJANDRO BARANEK	187910	360.112
	FACTURA ANDINA DEL SUD PASAJES FRANCISCO CISTERNAS	75879	22.000
	FACTURA LAN AIRLINES S.A. PASAJES FRANCISCO CISTERNAS	847408	280.504
	FACTURA LAN AIRLINES S.A. PASAJES FRANCISCO CISTERNAS	13643	205.054
	FACTURA LAN AIRLINES S.A. PASAJES FRANCISCO CISTERNAS	21523	205.712
Estadía Experto	FACTURA ZENEIDA CAMPOS CAMPOS ALOJAMIENTO FRANCISCO CISTERNAS	5963	16.000
	FACTURA HOTEL DIEGO DE ALMAGRO LTDA ALOJAMIENTO GUILLERMO DURAN JAVIER MARENCO	142454	120.800
	FACTURA TURISMO TAITAO S.A. ALOJAMIENTO GUILLERMO DURAN	68874	80.240

	FACTURA ZENEIDA CAMPOS CAMPOS ALOJAMIENTO ALEJANDRO BARANEK	5932	230.000
	FACTURA ZENEIDA CAMPOS CAMPOS ALOJAMIENTO ALEJANDRO BARANEK	5892	162.000
	FACTURA ZENEIDA CAMPOS CAMPOS ALOJAMIENTO FRANCISCO CISTERNAS	5891	12.000
	FACTURA ZENEIDA CAMPOS CAMPOS ALOJAMIENTO ALEJANDRO BARANEK	5989	160.000
	FACTURA ZENEIDA CAMPOS CAMPOS ALOJAMIENTO DIEGO MORAN FERNANDA BRAVO	5971	60.000
Traducción			

**Nota:** Adjuntar fotocopias de toda la documentación señalada en el cuadro anterior, para respaldar los desembolsos

Los documentos originales o, en su defecto, las fotocopias legalizadas que respaldan la presente rendición se encuentran disponibles en el departamento de contabilidad de la empresa beneficiaria o gestora para cualquier consulta o revisión por parte de INNOVA CHILE u otro organismo fiscalizador.

Declaro bajo juramento que los datos contenidos en esta declaración son verídicos; asimismo, declaro conocer las disposiciones relativas a sanciones en caso de suministrar información incompleta, falsa o errónea.

\_\_\_\_\_  
**Representante legal de la empresa**  
**empresa**

**Nombre:**

**RUT:**

\_\_\_\_\_  
**Contador**

**Nombre:**

