



Formulación de Raciones de Mínimo Costo

Elmer Quispe

*Todos los Derechos Reservados
2005*

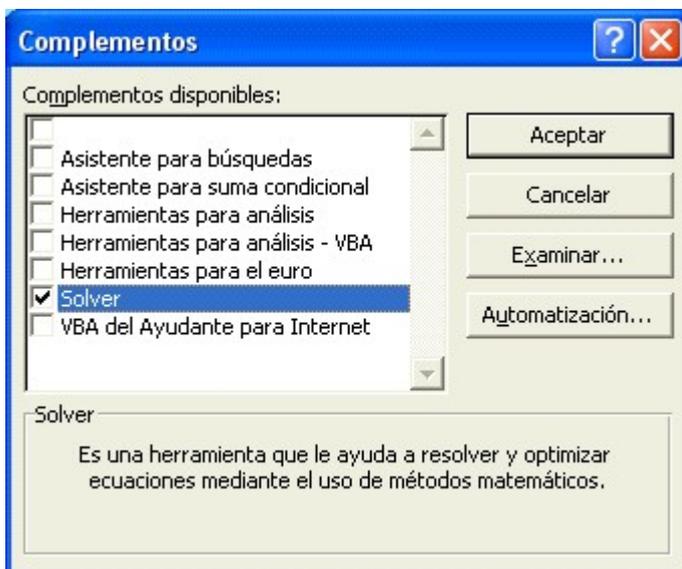
elmerzinho@yahoo.com
elmerzinho.blogspot.com

INICIO EN ZOOTEC 3.0

ZOOTEC 3.0 es un programa que permite formular raciones de mínimo costo para animales de granja, basado en la técnica de Programación Lineal (PL) la cual es implementada en Solver de Microsoft Excel®. En el modelo PL se puede establecer restricciones de alimentos y nutrientes en Mínimo, Máximo, Igual e informe de sensibilidad y límites. Como se observa, se dispone de prestaciones que sólo costosos programas comerciales ofrecen.

Antes de comenzar, es conveniente verificar que Solver esté instalado en la computadora (al instalar Microsoft Excel®, Solver no necesariamente se carga). Si el complemento Solver no está disponible en el menú **Herramientas**, deberá instalarlo.

- ④ En el menú **Herramientas**, elija **Complementos**.
- ④ En el cuadro *Complementos disponibles*, active la casilla de verificación situada junto al complemento que desee cargar y, a continuación, haga clic en Aceptar.



Se entiende por formulación de raciones, como el ajuste de las cantidades de los ingredientes que, según se desee, conformarán la ración, para que los nutrientes que contenga por unidad de peso correspondan a los que requiere el animal por alimentar.

Así explicado, es necesaria información básica como la disponibilidad, composición y precio de los ingredientes, necesidades nutricionales del animal, restricciones para ingredientes y nutrientes.

Para la utilización de ZOOTEC 3.0, aceptamos poseer conocimientos elementales respecto a la formulación de raciones para animales de granja.

FORMAS DE EXPRESAR LOS INGREDIENTES

En muchos programas para optimizar raciones y también en ZOOTEC 3.0, se debe considerar los aspectos de inclusión de alimentos en el modelo matemático para su interacción por Solver. Estos procedimientos reciben el nombre de RESTRICCIÓN, y se efectúan tanto a los Ingredientes y Nutrientes.

a) Libre acceso

Cuando no se indica ningún límite o restricción al ingrediente y se desea que Solver utilice el nivel más conveniente en la ración. Ejemplo: el maíz como fuente de energía y la harina de soya como fuente de proteína.

b) Nivel fijo

Se usa cuando queremos que aparezca una cantidad fija en la ración. Esto sucede principalmente con las premezclas de vitaminas, minerales traza y aditivos no nutricionales.

c) Nivel mínimo

Es cuando queremos garantizar la inclusión mínima de un ingrediente en el alimento y dejamos a Solver la elección de cualquier cantidad a incluir a partir de ese nivel mínimo. Ejemplo: un nivel igual o mayor que 10% de harina de yuca, esto nos indica que deseamos incluir como mínimo 10% de harina de yuca en la ración.

d) Nivel máximo

Cuando indicamos al Solver que no deseamos utilizar un nivel mayor al determinado, por razones nutricionales o por restricciones químicas o físicas. Solver escogerá el nivel óptimo entre cero y el nivel máximo permitido. Ejemplo: un nivel menor o igual que 7% de harina de pescado.

e) Dentro de un rango

Cuando queremos la presencia obligatoria de un alimento dentro de un rango mínimo y máximo por diferentes causas. Ejemplo: harina de plátano en 5% como mínimo y 15% como máximo.

CARACTERÍSTICAS DE ZOOTEC 3.0

Para la utilización de ZOOTEC 3.0 asumimos:

1. Las celdas de fondo blanco son las **ÚNICAS** para ingresar datos.
2. Las celdas con borde rojo son para la opción "**Sujetas a las siguientes restricciones**" en Solver.

Se distinguen 3 secciones claramente marcadas. En la parte superior se observa las celdas para caracterizar el trabajo. Abajo, lado izquierdo, se tiene 6 columnas para las características de Ingredientes; al lado derecho las 5 columnas que personalizan los Nutrientes y en la parte inferior derecha se distingue la celda de solución óptima.

ZOOTEC						FORMULACIÓN DE RACIONES DE MÍNIMO COSTO				
Zootec 3.0 © 2005						Elmer Quispe				
Elmer Quispe						elmerzinho@yahoo.com				
elmerzinho.blogspot.com										
Granja o Nombre del productor: Elmer Quispe										
Descripción de la ración: Pollos carne inicio										
Especie animal: Aves										
Cod.	Ingredientes	Solución	Min.	Máx.	Igual	Nutrientes	Solución	Mín.	Máx.	Igual
1	Maiz amarillo	40.65				Weight, kg	1.00			1.00
2	Sorgo	20.00		20.00		Materia Seca, %	89.87			
10	Harina de soya 44%	27.58				EM Aves, Mcal/kg	3.10	3.10	3.15	
32	Aceite acid pescado	2.79				Proteina Cruda, %	21.50	21.50		
13	Harina de pescado 65%	6.00		6.00		Fibra Cruda, %	2.99		5.00	
19	Carbonato de calcio	1.33				Ext. Etereo, %	5.74		6.00	
17	Fosfato monocalcico	0.80				Calcio, %	0.95	0.95		
24	Premezcla Vit-Min Aves	0.10			0.10	Fosf. Disp., %	0.45	0.45		
21	DL-Metionina 99%	0.26				Sodio, %	0.19			
22	L-Lisina HCL 78%	0.04				Arginina, %	1.30			
35	Coccidiostato	0.05			0.05	Lisina, %	1.25	1.25		
33	Cloruro de colina	0.10			0.10	Metionina, %	0.63			
36	Bicarbonato de sodio	0.05			0.05	Met+Cis, %	0.95	0.95		
23	Sal común	0.25			0.25	Treonina, %	0.88			
						Triptofano, %	0.27			
						Mínimo Costo = S/ 0.99				

En celdas de *Ingredientes*:

- ⓐ La 1º columna corresponde al CÓDIGO del alimento. Se requiere ingresar un código para visualizar el alimento correspondiente. Para identificar los códigos de ingredientes, active la hoja DATABASE, en ella se presentan 36 ingredientes de 120 posibles.
- ⓐ La 2º columna presenta los nombres de Ingredientes de acuerdo al Código ingresado en la primera columna.
- ⓐ La 3º columna presenta la SOLUCIÓN de Solver al problema planteado mediante ZOOTEC 3.0. La solución es presentada en porcentaje.
- ⓐ La 4º, 5º y 6º columnas representan a la **Restricción** de los Ingredientes. Aquí debe ingresar los porcentajes mínimos, máximos o fijos para definirlos luego en Solver.

En celdas de *Nutrientes*:

- ⓐ La 1º columna visualiza los nombres de los Nutrientes con que trabaja ZOOTEC 3.0. Al inicio de esta columna se distingue la celda Weight que representa la cantidad total para la solución en el modelo implementado.
- ⓐ La 2º columna muestra la SOLUCIÓN de la composición nutricional de la ración obtenida.
- ⓐ La 3º 4º y 5º columnas representan la **Restricción** de Nutrientes. Ingrese cantidades para cada nutriente en su unidad correspondiente.

FORMULANDO EN ZOOTEC 3.0

El ejemplo a desarrollar está basado en el archivo original de ZOOTEC 3.0, el mismo que es distribuido libremente con la única condición de enviar un [e-mail](#) de agradecimiento al [autor](#) si ZOOTEC 3.0 le ha sido de utilidad en aspectos académicos y/o productivos (entiéndase aprendizaje, enseñanza y/o aplicación).

Formulamos una ración ejemplo muy rápidamente, seleccionando los ingredientes presentes en DATABASE de ZOOTEC 3.0, la misma que puede visualizar.

	A	B	C	D	E	F	G
8	Cod.	Ingredientes	Solución	Mín.	Máx.	Igual	
9	1	Maíz amarillo	40.65				
10	2	Sorgo	20.00		20.00		
11	10	Harina de soya 44%	27.58				
12	32	Aceite acid pescado	2.79				
13	13	Harina de pescado 65%	6.00		6.00		
14	19	Carbonato de calcio	1.33				
15	17	Fosfato monodicalcico	0.80				
16	24	Premezcla Vit-Min Aves	0.10			0.10	
17	21	DL-Metionina 99%	0.26				
18	22	L-Lisina HCL 78%	0.04				
19	35	Coccidiostato	0.05			0.05	
20	33	Cloruro de colina	0.10			0.10	
21	36	Bicarbonato de sodio	0.05			0.05	
22	23	Sal común	0.25			0.25	
23							

Microsoft Excel - Zootec 3.0

FORMULAR / DATABASE / IMPRIMIR

Listo NUM

Tenemos, en las columnas D, E, F y filas respectivas, las Restricciones de los Ingredientes. Se *ingresó* un valor de 20 para Sorgo en la celda (E10). Se desea un **Máximo** de 20% de este alimento en la ración a obtener, pero será definida en "Sujetas a las siguientes restricciones" de Solver.

Observando, se distingue Restricción para harina de pescado en 6% (celda E13) el mismo será definido en Solver.

Premezcla, Coccidiostato, Cloruro de colina, Bicarbonato de sodio y sal común están con una Restricción de 0.10, 0.05, 0.10, 0.05 y 0.25% respectivamente.

Para estos ingredientes se desea que estén presentes a un nivel **Fijo** y serán definidos en Solver. Los demás Ingredientes se dejaron a **Libre Acceso**.

En el “sector” Nutrientes:

	G	H	I	J	K	L	M
8		Nutrientes	Solución	Mín.	Máx.	Igual	
9		Weight, kg	1.00			1.00	
10		Materia Seca, %	89.87				
11		EM Aves, Mcal/kg	3.10	3.10	3.15		
12		Proteína Cruda, %	21.50	21.50			
13		Fibra Cruda, %	2.99		5.00		
14		Ext. Etereo, %	5.74		6.00		
15		Calcio, %	0.95	0.95			
16		Fosf. Disp., %	0.45	0.45			
17		Sodio, %	0.19				
18		Arginina, %	1.30				
19		Lisina, %	1.25	1.25			
20		Metionina, %	0.63				
21		Met+Cis, %	0.95	0.95			
22		Treonina, %	0.88				
23		Triptofano, %	0.27				

Para la energía se requiere un nivel **Mínimo** de 3.10 y 3.15 como **Máximo**. Se ingresa los valores en celdas correspondientes (J11 y K11) que serán luego definidos en “Sujetas a las siguientes restricciones” de Solver.

La proteína fue restringida en 21.5 como **Mínimo**, Fibra cruda y Extracto etéreo como **Máximo**. Las mismas consideraciones en proteína se tomaron para los demás nutrientes restringidos.

Una vez ingresado las Restricciones de Ingredientes y Nutrientes (16 Restricciones en total), nos vamos al Solver y veremos como va el asunto.

En Solver,



Celda objetivo (\$I\$26) representa la celda donde queremos se visualice la solución óptima, es decir el valor de Mínimo Costo de la ración. Dado que se desea minimizar la ración, se tiene activado *Mínimo* en **Valor de la celda objetivo**.

En **Cambiando las celdas**, se tiene (**\$C\$9:\$C\$33**). Esto nos indica que dichas celdas serán aquellas donde se presentará la SOLUCIÓN en porcentaje de los diferentes ingredientes seleccionados.

Para definir las restricciones, se tiene **Sujetas a las siguientes restricciones**. Observando la figura superior tenemos seleccionado la *Condición de No Negatividad* (**\$C\$9:\$C\$33 >= 0**), esta condición impide que tengamos soluciones agresivas o absurdas, es decir, evita que un ingrediente resulte -25% en la ración. Igualmente se tiene la restricción (**\$I\$9=\$L\$9**) que representa la cantidad total para la solución en el modelo implementado.

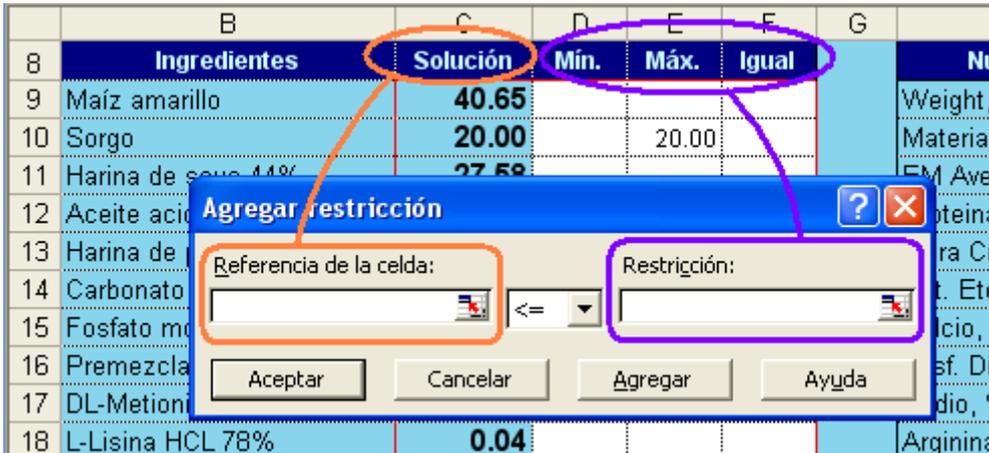
Texto en rojo, indica que estas opciones no deben ser alteradas, si tiene curiosidad de experimentar con ellas, cree un nuevo archivo de ZOOTEC 3.0 y pruebe.

Aclarado el tema, continuemos con **Sujetas a las siguientes restricciones** (*Texto en azul*, indica que *SI* debe ser alterado). Aquí es donde deberá explayar su curiosidad y demostrar que usar ZOOTEC 3.0 es sumamente fácil enviando luego un [e-mail](#) felicitando al autor por desarrollar tan simple pero práctico programa. Si no lo logra, persista y también envíe un e-mail indicando donde se ubican los pequeños inconvenientes.

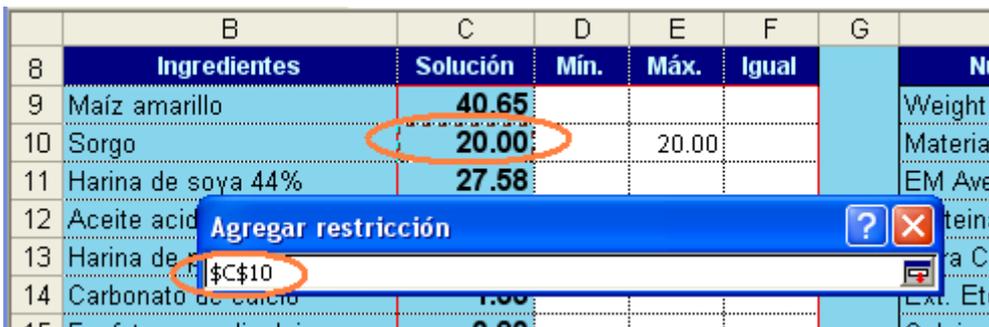
Resumen de restricción de Ingredientes:

<i>Ingrediente</i>	<i>Restricción</i>	<i>Tipo</i>
Sorgo	20.00	Máximo
Harina pescado	6.00	Máximo
Premezcla	0.10	Fijo o igual
Cocciostato	0.05	Igual
Cloruro colina	0.10	Igual
Bicarbonato sodio	0.05	Igual
Sal	0.25	Igual

De la tabla anterior, el sorgo deberá estar como Máximo 20% en la ración. Ingresamos la Restricción en Solver, con la opción **Agregar...**



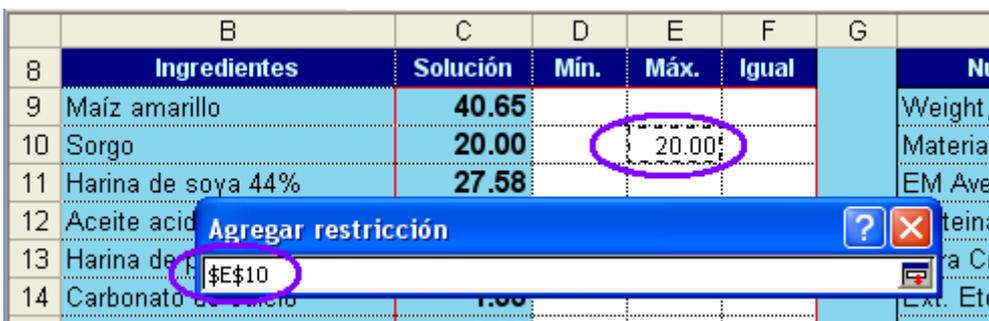
Paso 1: De la figura anterior, activamos primero Referencia de la celda: (**Solución** en ZOOTEC 3.0, rango de celdas **C9:C33**) y seleccionamos la celda (**\$C\$10**), tal como se muestra abajo.



Paso 2: Luego elegimos la opción **<=**.



Paso 3: Seguidamente activamos Restricción: seleccionando la celda (**\$E\$10**).



Paso 4: Finalizada la restricción, clic en “Agregar”. La Restricción será ingresada.



$(\$C\$10 \leq \$E\$10)$. Indica que la **Solución** a obtener ($\$C\10) deberá ser *menor o igual* al valor de Restricción Máximo ingresado ($\$E\10). Es decir, la Solución no deberá ser mayor de 20 (restricción de sorgo).

Igual procedimiento seguimos para la Harina de pescado ($\$C\$13 \leq \$E\13) que en la **Solución** ($\$C\13), no deberá ser superior a 6% ($\$E\13).



Premezcla, Coccidiostato, Cloruro de colina, Bicarbonato de sodio y Sal fueron restringidos a un nivel **fijo** o igual, así:

$(\$C\$16 = \$F\$16)$. El valor Solución para Premezcla ($\$C\16) debe ser igual al valor ingresado en Restricción ($\$F\16).

$(\$C\$19 = \$F\$19)$. Solución para Coccidiostato ($\$C\19) es igual a Restricción ($\$F\19) señalado en ZOOTEC 3.0.

$(\$C\$20 = \$F\$20)$. Solución para Cloruro de colina ($\$C\20) igual a ($\$F\20). Similar procedimiento para Bicarbonato y sal.

Los restantes ingredientes no fueron restringidos y fueron dejados a **Libre Acceso**. Finalizamos entonces las Restricciones para los Ingredientes.

Respecto a los Nutrientes, el procedimiento es similar al de Ingredientes.

Resumen de restricción de Nutrientes:

<i>Nutriente</i>	<i>Restricción</i>	<i>Tipo</i>
Energía	3.10	Mínimo
Energía	3.15	Máximo
Proteína	21.50	Mínimo
Fibra	5.00	Máximo
Ext. Etéreo	6.00	Máximo
Calcio	0.95	Mínimo
Fosf. Disp.	0.45	Mínimo
Lisina	1.25	Mínimo
Met+Cis	0.95	Mínimo

Observemos Energía, considerando:

Solución \geq 3.10 Restricción Mínimo (1)
 Solución \leq 3.15 Restricción Máximo (2)

Seleccionamos Referencia de la celda (**Solución** en ZOOTEC 3.0, rango de celdas **I9:I23**) e identificamos las celdas respectivas, observándose en Solver:

	G	H	I	J	K	L	M
8		Nutrientes	Solución	Mín.	Máx.	Igual	
9		Weight, kg	1.00			1.00	
10		Materia Seca, %	89.87				
11		EM Aves, Mcal/kg	3.10	3.10	3.15		

Agregar restricción [?] [X]

Referencia de la celda: \$I\$11 Restricción: \$J\$11

[>=]

Aceptar Cancelar Agregar Ayuda

Agregar restricción [?] [X]

Referencia de la celda: \$I\$11 Restricción: \$K\$11

[<=]

Aceptar Cancelar Agregar Ayuda

Para Proteína: ($\$I\$12 \geq \$J\12)

Agregar restricción [?] [X]

Referencia de la celda: \$I\$12 Restricción: \$J\$12

[>=]

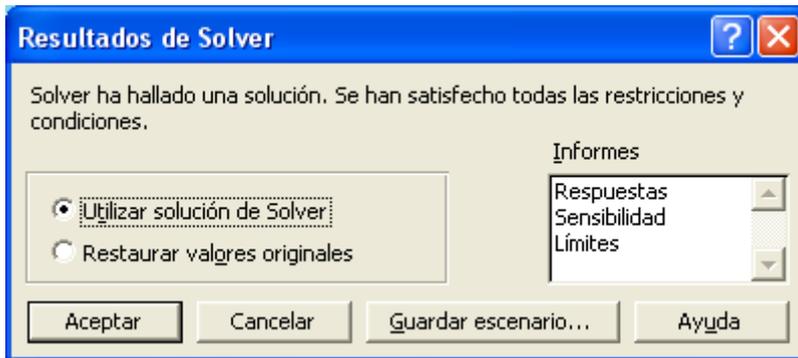
Aceptar Cancelar Agregar Ayuda

Las demás restricciones:

Fibra ($\$I\$13 \leq \$K\13)
 Ext. Etéreo ($\$I\$14 \leq \$K\14)
 Calcio ($\$I\$15 \geq \$J\15)
 Fosf. Disp. ($\$I\$16 \geq \$J\16)
 Lisina ($\$I\$19 \geq \$J\19)
 Met+Cis ($\$I\$21 \geq \$J\21)

Para modificar las restricciones, seleccione una y presione la opción **Cambiar...** Si desea borrar la Restricción, presione **Eliminar**. Añadir una nueva Restricción implica haber ingresado, previamente, un valor de Restricción en ZOOTEC 3.0 y luego en Solver elegir **Agregar...**

Finalizado el proceso de restricción, tanto de Ingredientes y Nutrientes, solo queda formular y se realiza haciendo clic en la opción **Resolver**.



Es importante observar la ventana **Resultados de Solver**. Allí se indica si Solver **HA HALLADO UNA SOLUCIÓN** o NO. Si las restricciones fueron establecidas adecuadamente, no se tendrá problema en hallar una solución factible. De lo contrario deberá observar las restricciones de ingredientes y nutrientes, además de la disponibilidad de ingredientes para cumplir con las restricciones de nutrientes.

Si desea informes de Respuestas, Sensibilidad, Límites, deberá seleccionar y confirmar con **Aceptar**. Los informes serán cargados en nuevas hojas en el mismo libro.

*
**

Las versiones anteriores de ZOOTEC fueron desarrolladas con fines y en ambientes académicos, durante los estudios de Zootecnia en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú. El programa ZOOTEC 3.0 se desarrolla con tendencias productivas y, efectivamente, permite aplicarlo a diferentes situaciones en producción animal así como su corrección, rediseño, adaptación y cualquier posibilidad que el usuario pueda definir.

Los amigos que utilicen ZOOTEC 3.0 están muy motivados a mejorar esta hoja electrónica y más aún, a compartirlo.



ZOOTEC 3.0 © 2005

Elmer Quispe

Todos los Derechos Reservados

e-mail: elmerzinho@yahoo.com

Blog: elmerzinho.blogspot.com

La composición de nutrientes, restricciones, ejemplos, etc. no deben tomarse como base o recomendación alguna, más bien debe entenderse Zootec 3.0 como una herramienta de apoyo. Asimismo, el autor rechaza cualquier responsabilidad que surja de depender del mismo.