

# Evaluación de los principales factores del desgrane en la cosecha de girasol utilizando AHP.

**Lasca, Marcelo**

[marcelasca98@gmail.com](mailto:marcelasca98@gmail.com)

*Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Trenque Lauquen (Argentina).*

**Mavolo, Luca**

[Correo2@ext.univ.pais](mailto:Correo2@ext.univ.pais)

*Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Trenque Lauquen (Argentina).*

**Xodo, Daniel**

[Correo3@ext.univ.pais](mailto:Correo3@ext.univ.pais)

*Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Trenque Lauquen (Argentina).*

Fecha de recepción COINI 2022: 10/06/2022

Fecha de aprobación COINI 2022: 03/10/2022

Fecha de aprobación RIII: 27/01/2024

## RESUMEN

Antecedentes: A partir del análisis del desgrane del capítulo del girasol, realizado en la cosecha a distintas velocidades con escudos de distintos materiales, se evaluaron las variables que influyen sobre el mismo. Objetivos: la aplicación del proceso de análisis jerárquico (AHP) para determinar cuál variable es más relevante al momento de evitar el desgrane del capítulo del girasol: energía, peso y resiliencia. Materiales y métodos: a partir de los datos recolectados en cosecha se aplicó AHP para determinar cuál es la variable que más influye al momento del choque del capítulo con la cosechadora, la valoración de cada variable para poder realizar el método se realiza mediante la ayuda de un ingeniero en materiales. Resultados y discusiones: La variable de resiliencia fue la más importante al momento de cosechar, seguida por la variable de velocidad y por último el peso del propio material. Conclusión: Al terminar el proceso de cálculo se puede comenzar a trabajar sobre los factores que intervienen en el desgrane del girasol

**Palabras Claves:** desgrane; capítulo del girasol, cosecha; AHP (proceso de análisis jerárquico).

**Evaluation of the main factors of shelling in the sunflower harvest using AHP.**

**ABSTRACT**

Based on the analysis of the shelling of the sunflower head, carried out during harvest at different speeds with shields made of different materials, the variables that influence it were evaluated. Objectives: the application of the hierarchical analysis process (AHP) to determine which variable is most relevant when avoiding the shelling of the sunflower head: energy, weight and resilience. Materials and methods: from the data collected at harvest, AHP was applied to determine which variable has the most influence at the moment of collision of the head with the harvester, the assessment of each variable to be able to carry out the method is carried out with the help of a materials engineer. Results and discussions: The resilience variable was the most important at the time of harvesting, followed by the speed variable and finally the weight of the material itself. Conclusion: Once the calculation process is completed, you can begin to work on the factors involved in sunflower shelling.

**Keywords:** shelling; sunflower chapter, harvest; AHP (hierarchical analysis process).

**Avaliação dos principais fatores de descasque na colheita do girassol utilizando AHP.**

**RESUMO**

A partir da análise do descascamento da cabeça do girassol, realizado durante a colheita em diferentes velocidades com escudos confeccionados com diferentes materiais, foram avaliadas as variáveis que o influenciam. Objetivos: aplicação do processo de análise hierárquica (AHP) para determinar qual variável é mais relevante para evitar o descascamento da cabeça do girassol: energia, peso e resiliência. Materiais e métodos: a partir dos dados coletados na colheita foi aplicado o AHP para determinar qual variável tem maior influência no momento da colisão do cabeçote com a colhedora, é realizada a avaliação de cada variável para poder realizar o método com a ajuda de um engenheiro de materiais. Resultados e discussões: A variável resiliência foi a mais importante no momento da colheita, seguida pela variável velocidade e por último o peso do próprio material. Conclusão: Uma vez concluído o processo de cálculo, você pode começar a trabalhar nos fatores envolvidos no descascamento do girassol.

**Palavras chave:** bombardeio; capítulo de girassol, colheita; AHP (processo de análise hierárquica).

## 1. INTRODUCCIÓN

Entre los factores que componen el rendimiento final que obtiene el productor, se encuentra la eficiencia de la cosecha. Para maximizar este rendimiento se deben minimizar las pérdidas.

Las pérdidas de granos en la cosecha, solo por la cosechadora, en el cabezal conforman un 70% de la totalidad, de las cuales un 50% son debidas al choque de la flor contra el cabezal.

Al momento de cosechar, la cabeza del girasol choca contra el escudo de la cosechadora y se produce el desgrane de la misma. Las semillas de girasol al desprenderse de la flor no son alcanzadas por la bandeja y terminan cayendo al suelo, por lo tanto, no son aprovechadas.

Se utilizaron datos de un estudio previo sobre la cosecha de girasol, donde se midió el desgrane del girasol en el momento del choque con la flor. En el estudio se colocaron 2 escudos, además del original con el fin de estudiar 3 materiales: fibra de vidrio, caucho sintético y chapa original.

Se utilizó el método AHP (Proceso de jerarquía analítica) para jerarquizar las distintas alternativas con distintos criterios. Con ayuda del ingeniero en materiales Fernando Giacomelli (Catedra de Ciencia de los Materiales – UTN FRTL), se otorgó jerarquía a cada una y se comparó su importancia con las demás.

Los criterios evaluados para cada escudo fueron: Resiliencia, cantidad de movimiento y energía cinética, con datos tomados en los cuales se midió el desgrane a diferentes velocidades, con los que tomamos decisiones de jerarquía con las diferentes alternativas.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El material utilizado fue relevado en el trabajo “Evaluación de distintos materiales de construcción en el cabezal de girasol (*Helianthus annuus L.*) para la reducción del desgrane del capítulo en la cosecha” (Mavolo & Rivero 2021). En el ensayo de campo se utilizó un cabezal Mainero Modelo: 51739 de 40 pies, al cual se le hicieron reformas para simular las diferentes alternativas de construcción del escudo:

- Alternativa 1: Escudo Original de chapa de 2mm.
- Alternativa 2: Escudo construido de polímero termo rígido de Fibra de Vidrio.
- Alternativa 3: Escudo recubierto con Caucho Sintético.

Los datos recopilados corresponden al desgrane del capítulo a diferentes velocidades de los 3 escudos. Con estos datos se evaluará en el presente trabajo la influencia de 3 criterios sobre el desgrane del capítulo.

Primero obtenemos los criterios a evaluar: Resiliencia, energía cinética y peso del material (tabla 1).

La resiliencia es la característica del material relacionada con la energía almacenada por parte del material al momento del choque y esa directamente relacionado con el módulo elástico. Mediante un ensayo de choque se determinó el módulo de elasticidad de la chapa que se utiliza en los escudos de los cabezales equivale a 199,94 GPa, mientras que el de un material más elástico como un polímero termo rígido reforzado con fibra de vidrio tipo E (PTFV) equivale a 84,5 GPa. La energía cinética está relacionada con la velocidad de la cosecha. El peso del material está relacionado con la densidad del mismo.

Tabla 1. Peso del material del estudio. Elaboración propia

Escudo	Peso del escudo
Original	3,500kg
Fibra de vidrio	1,200kg
Caucho sintético	>3,500kg

**Muestras utilizadas:**

Las muestras utilizadas son datos tomados en el ensayo del trabajo mencionado, donde en cada uno de los tratamientos (alternativas) se aplicaron diferentes velocidades (6,5 y 8 km/h) en pasadas de 50 metros. Los datos que figuran en la tabla 2 y tabla 3 son los gramos de semilla recolectados por pasada, por escudo.

La codificación de los tratamientos es la siguiente:

- **O65:** escudo Original a velocidad de 6,5 km/h
- **FV65:** escudo Fibra de Vidrio a velocidad de 6,5 km/h
- **CS65:** escudo Caucho Sintético a velocidad de 6,5 km/h
- **O8:** escudo Original a velocidad de 8 km/h
- **FV8:** escudo Fibra de Vidrio a velocidad de 8 km/h
- **CS8:** escudo Caucho Sintético a velocidad de 8km/h

Tabla 2. muestras del desgrane del girasol a 6,5 km/h. Elaboración propia

		O65	FV65	CS65
Repeticiones	1	51,2	40,01	57,03
	2	42,76	37,33	49,76
	3	51,58	40,13	57,37
	4	49,94	39,61	55,37
	5	59,24	42,56	63,97
	6	42,18	37,15	49,26
	7	38,11	35,86	45,75
	8	43,15	35,26	61,97
	9	58,51	40,53	45,27
	10	40,59	40,64	54,08
	Xmedia	47,726	38,908	53,983

Tabla 3. Muestras de desgrane del girasol a 8km/h. Elaboración propia

		<b>O8</b>	<b>FV8</b>	<b>CS8</b>
Repeticiones	1	123,37	78,43	122,53
	2	77,89	54,41	86,4
	3	125,77	79,69	124,43
	4	42,58	35,76	58,35
	5	115,59	74,32	116,35
	6	173,04	104,66	161,99
	7	31,81	30,08	49,79
	8	56,97	52,2	67,24
	9	168,37	s	157,68
	10	74,75	43,82	87,03
	Xmedia	99,014	61,4855556	103,179

### Jerarquización de criterios

Las valoraciones entre criterios-criterios y criterios-alternativas se realizan con la ayuda del ingeniero en materiales Fernando Giacomelli. Las tablas de desgrane a diferentes velocidades ayudaron a tomar decisiones de jerarquía para el criterio "Energía cinética"

El proceso de jerarquización de cada criterio desde la perspectiva del material con respecto al objetivo de reducir el desgrane.

Primero se asigna el peso a cada criterio con respecto al resto, para luego evaluar los criterios con respecto a cada alternativa.

Los valores son asignados con la escala de Thomas Saaty (ilustración 1), son los utilizados para la comparación pareada de los factores del desgrane.

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente el criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar	

Ilustración 1. Escala de calificación (Saaty 1980)

La asignación de valores debe seguir los siguientes axiomas para no presentar inconsistencias.

#### Axioma 1: juicios recíprocos

La intensidad de preferencia de  $A_i/A_j$  es inversa a la preferencia de  $A_j/A_i$ .

**Axioma 2:** homogeneidad de los elementos:

Los elementos que se comparan son del mismo orden de magnitud.

**Axioma 3:** condición de estructura jerárquica o estructura dependiente

de reaprovechamiento.

### Aplicación del método AHP

El método seleccionado AHP (Análisis Jerárquico) Se trata de un procedimiento de comparación por pares de los criterios que parte de una matriz cuadrada en la cual el número de filas y columnas está definido por el número de criterios a ponderar. Así se establece una matriz de comparación entre pares de criterios, comparando la importancia de cada uno de ellos con los demás (SAATY, 1980).

Primero obtenemos los criterios a evaluar: Resiliencia, energía cinética y peso del material.

En la siguiente tabla se muestra la comparación realizada con asesoramiento del ingeniero en materiales Fernando Giacomelli.

Los valores en espejo con respecto a la diagonal principal deben ser inversos.

Tabla 4. Matriz de comparaciones de variables. Fuente: Elaboración propia.

MATRIZ COMPARACIÓN DE CRITERIOS							
	RESILIENCIA	PESO	ENERGÍA CINÉTICA	MATRIZ NORMALIZADA			VECTOR PROMEDIO
RESILIENCIA	1.000	3.000	9.000	0.6923	0.7241	0.5294	0.6486
PESO	0.333	1.000	7.000	0.2308	0.2414	0.4118	0.2946
ENERGÍA CINÉTICA	0.111	0.143	1.000	0.0769	0.0345	0.0588	0.0567
TOTAL	1.444	4.143	17.000				

Se puede observar, a la derecha el vector promedio o propio. Este vector indica la importancia de cada criterio en este proyecto.

Resiliencia: 0.6486

Peso: 0.2946

Energía cinética: 0.06567

### Relación de consistencia

Esta relación indica si los criterios se añadieron correctamente. Si esta relación tiene un valor menor a 0.1 quiere decir que los valores están bien asignados y no existen incongruencias.

Para determinar este valor se necesitan dos valores: RI(1) y CI(2). Las ecuaciones se muestran a continuación.

El valor de RI varía para cada matriz dependiendo del orden, este valor se obtiene por la ecuación:

$$RI = \frac{1.98*(n-2)}{n} \quad (1)$$

$$CI = \frac{\lambda_{max}-n}{n-1} \quad (2)$$

$$I_R = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

### Cálculo de relación de consistencia:

Tabla 5. Tabla de consistencia. Elaboración propia

	<b>AxP</b>	<b>Relación de consistencia</b>	
	2.04	CI	0.061
	0.90	RI	0.66
	0.17		
Prom	3.12	CR	0.09

Como se puede observar, la relación de consistencia es menor a 0.1, por lo que verifica, los valores están asignados razonablemente.

A continuación, se evalúan todas las alternativas en función de cada criterio.

Tabla 6. Matriz de comparación de variables. Criterio resiliencia. Elaboración propia

<b>CRITERIO RESILIENCIA DE LOS MATERIALES</b>							
	<b>ESCUDO O65</b>	<b>ESCUDO FV65</b>	<b>ESCUDO CS65</b>	<b>MATRIZ NORMALIZADA</b>			<b>VECTOR PROM.</b>
<b>ESCUDO O65</b>	1,00	0,14	5,00	0,12	0,11	0,33	0,19
<b>ESCUDO FV65</b>	7,00	1,00	9,00	0,85	0,80	0,60	0,75
<b>ESCUDO CS65</b>	0,20	0,11	1,00	0,02	0,09	0,07	0,06
<b>TOTAL</b>	8,20	1,25	15,00				

Luego de asignarle un valor en cada casilla se realiza la matriz normalizada y luego el vector promedio. Se construye para cada caso.

Tabla 7. Matriz de comparación de variables. Criterio PESO. Elaboración propia.

CRITERIO PESO							
	ESCUDO O65	ESCUDO FV65	ESCUDO CS65	MATRIZ NORMALIZADA			VECTOR PROM.
ESCUDO O65	1,00	0,14	0,13	0,06	0,03	0,09	0,06
ESCUDO FV65	7,00	1,00	0,33	0,44	0,24	0,23	0,30
ESCUDO CS65	8,00	3,00	1,00	0,50	0,72	0,69	0,64
<b>TOTAL</b>	16,00	4,14	1,46				

Tabla 8. Matriz de comparación. Criterio Energía Cinética. Elaboración propia

CRITERIO ENERGIA CINETICA							
	ESCUDO O65	ESCUDO FV65	ESCUDO CS65	MATRIZ NORMALIZADA			VECTOR PROM.
ESCUDO O65	1,00	0,11	0,50	0,08	0,09	0,05	0,08
ESCUDO FV65	9,00	1,00	8,00	0,75	0,81	0,84	0,80
ESCUDO CS65	2,00	0,13	1,00	0,17	0,10	0,11	0,12
<b>TOTAL</b>	12,00	1,24	9,50				

A continuación, se realiza la selección de la alternativa. Esta matriz está construida a partir de los vectores promedios obtenidos de las matrices de comparación junto con la ponderación de la matriz de criterios. El resultado total es la multiplicación y suma del vector ponderación de criterios con los vectores ponderación de comparación.

Tabla 9. Matriz de comparación. Criterio Energía Cinética. Elaboración propia

SELECCIÓN DE ALTERNATIVA				
	RESILIENCIA	CANTIDAD DE MOVIMIENTO	ENERGÍA CINÉTICA	TOTAL
ESCUDO O65	0,19	0,06	0,08	0,1454
ESCUDO FV65	0,75	0,3	0,8	0,6202
ESCUDO CS65	0,06	0,64	0,12	0,2343
<b>Ponderación</b>	0,6486	0,2946	0,0567	

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Como se puede observar, el escudo con mayor puntaje arrojado por el proceso AHP es el escudo de fibra de vidrio, seguido por el de caucho sintético y por último el original.



Tabla 10. Tabla de resultados. Elaboración propia

<b>Resultados</b>	
<b>Escudo original</b>	15%
<b>Escudo de fibra de vidrio</b>	62%
<b>Escudo de caucho sintético</b>	23%

Se observa que el escudo con mayor puntuación, correspondiente al escudo de fibra de vidrio, expone el menor peso y la mayor resiliencia, considerados criterios de mayor peso sobre el desgrane de la flor.

El método utilizado solo atribuye valor a los criterios de cada material, sin contemplar el efecto de la geometría del escudo u otros factores.

#### **4. CONCLUSIONES**

En este trabajo se observó que el desempeño del escudo de fibra de vidrio está por encima que el escudo de chapa original y el escudo de chapa recubierto de caucho sintético.

Con los datos evaluados, aplicando el método AHP, se puede observar que el escudo de fibra de vidrio es el que mejor desempeño tiene, seguido del escudo de chapa original y por último el escudo de chapa recubierto de caucho sintético.

Podemos afirmar que la característica del material buscada para reducir el desgrane del girasol producido en la cosecha es la resiliencia. Por sobre las otras tiene un efecto superior en la absorción de energía en el momento del choque entre la plataforma y el capítulo del girasol.

Se observó que el resultado obtenido con el Método AHP, coincide con los resultados obtenidos al momento del ensayo, dado que en el mismo a partir de los resultados obtenidos y la aplicación de un análisis ANOVA (LSD Fisher) la alternativa de mejor performance fue el escudo de fibra de vidrio coincidiendo con las conclusiones obtenidas en el presente trabajo.

Queda para un futuro trabajo, evaluar si la morfología del escudo puede ser un factor que incida en mayor medida que la resiliencia de los escudos. Utilizando el método AHP y luego contrastar con los resultados estadísticos obtenidos en los ensayos.

#### **5. REFERENCIAS**

- Farrel M. (2005). "Relevamiento y análisis de las pérdidas de cosecha en La Pampa", EEA INTA Anguil.
- Gonzalez C.& Palazon, C. 1960. "Ensayos Industriales de materiales, combustibles y lubricantes". 3era edición.
- Guzman A..(1976). "Resistencia de Materiales". C.E.I.P.L. Séptima edición.

Mavolo L & Rivero D. (2021). "Evaluación de distintos materiales de construcción en el cabezal de girasol (*Helianthus annuus* L.) para la reducción del desgrane del capítulo en la cosecha".  
<http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/especializacion/2021mavololuca.pdf>

Saaty, Thomas. (1980). The Analytic Hierarchy Pocess. Ed. McGrawHill

William Smith & Javad Hashemi . "Fundamentos de la ciencia e Ingeniería de materiales" cuarta edición.