

Evaluación de distintos materiales de construcción en el cabezal de girasol (*Helianthus annuus L.*) para la reducción del desgrane del capítulo en la cosecha.

Trabajo final presentado para optar al título de Especialista en Mecanización Agrícola

Luca Mavolo

Ingeniero Industrial – Universidad Tecnológica Nacional

Lugar de trabajo: Establecimiento Nueva Castilla – Mari Lauquen.



Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano
Facultad de Agronomía – Universidad de Buenos Aires



Tutor:

Ezequiel Ricardo David Rivero

Doctor en Tecnología de Invernaderos e Ingeniería Industrial

Universidad de Almería, España.

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	5
OBJETIVOS.....	16
HIPÓTESIS.....	17
MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
CONSIDERACIONES FINALES.....	31
CONCLUSIONES.....	33
RECOMENDACIONES.....	34
AGRADECIMIENTOS.....	34
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

1. Resumen:

Durante la labor de cosecha el mayor porcentaje de pérdidas de granos se producen en el cabezal de la cosechadora, no escapa a esta situación el cultivo de girasol (*Helianthus annuus* L.) donde el porcentaje de pérdidas supera el 70% del total que produce la cosechadora, siendo esto, en la mayoría de los casos responsabilidad de los materiales de construcción del cabezal girasolero. El girasol es el cuarto cultivo más importante de Sudamérica con una superficie total dedicada al mismo de, aproximadamente, 1.56 millones de hectáreas, siendo los principales productores Argentina y Paraguay, que juntos produjeron 3.77 millones de toneladas en la temporada 2015/2016. En este contexto productivo y con la importancia que este cultivo tiene, a nivel regional y mundial, es importante estudiar la manera de producir una importante reducción en las pérdidas de cosecha del mismo. El siguiente trabajo tuvo como objetivos a) ensayar los distintos materiales de fabricación del escudo del cabezal girasolero, a distintas velocidades para disminuir pérdidas por impacto. b) proponer distintas velocidades recomendadas para cada material. El ensayo fue realizado en la cosecha de la campaña 2019/20 en un establecimiento del partido de Trenque Lauquen, Provincia de Buenos Aires sobre girasol “confitero” (Híbrido NTC 90). Durante el mismo se utilizó, sobre la cosechadora, un cabezal marca Mainero, Modelo: 51739 de 40 pies, el mismo fue probado con tres “escudos” contruidos con diferentes materiales: a) un escudo de chapa de 2 mm de espesor (es el material del escudo provisto de fábrica), b) un escudo recubierto de elastómero y c) un escudo de las mismas dimensiones que los anteriores, construido en fibra de vidrio y a dos velocidades de avance diferentes (6,5 Km/h y 8 Km/h), velocidades comunes en la zona donde fue realizado este ensayo. El parámetro evaluado fue la pérdida de granos en el cabezal de la cosechadora y en las configuraciones de escudo explicadas. Los principales resultados obtenidos fueron: a) el escudo de fibra de vidrio presentó el menor porcentaje de pérdidas de grano en la cosecha respecto a los otros dos materiales utilizados y b) a 8 km/h la pérdidas de granos superaron a las recomendadas independientemente del cabezal utilizado. La principal conclusión fue: que la utilización de materiales más elásticos, como la fibra de vidrio, en la fabricación del escudo del cabezal girasolero reduce las pérdidas de granos por impacto cuando la cosechadora no supera los 6.5 km/h.

Palabras clave: cultivo – rendimientos – cosechadoras.

2. Introducción y antecedentes:

El girasol (*Helianthus annuus* L.) es el cuarto cultivo más importante de Sudamérica con una superficie total dedicada al mismo de, aproximadamente, 1.56 millones de hectáreas, siendo los principales productores Argentina y Paraguay, que juntos produjeron 3.77 millones de métricas toneladas en la temporada 2015/2016 (Botta, et al 2018).

En la última campaña 2018/19 de girasol, solo en Argentina, se sembraron 1.850.000 has, con una producción de unos 3.85 millones de toneladas. (SAGyP 2019). Con estos rendimientos es muy importante reducir la perdidas de cultivo al momento de la cosecha, considerando, que durante la labor de cosecha el mayor porcentaje de pérdidas de granos se produce en el cabezal de la cosechadora, siendo las mismas, según PROPECO-INTA, superiores al 80% del total de las pérdidas que se produce en la cosechadora.

Siguiendo con lo anterior, antes de cosechar, hay que tener en cuenta que ciertas pérdidas son, indudablemente evitables, por ejemplo, las producidas por golpes del cabezal sobre los capítulos; por caída de los capítulos hacia adelante o a los costados; por desgrane antes de ser tomados por la máquina, por trozos de capítulos no trillados o bien no tomados por el cabezal, porque provienen de plantas caídas; por zarandas tapadas o que no corresponden; por viento mal dirigido; o por excesiva, velocidad de avance de la cosechadora que sobrecargan la separación (Bragachini 2001).

Según este autor, las principales causas de las perdidas en la cosecha de girasol suelen ser, demoras en el inicio de la cosecha, excesiva velocidad de avance de la cosechadora por insuficiente ancho de los cabezales para el índice de alimentación de las cosechadoras modernas, cultivo desperejos tanto en altura, diámetro del capítulo, humedad del grano y del capítulo (des uniformidad de la distribución de la semilla por escasa utilización de sembradoras neumáticas), inadecuado equipamiento y regulación del cabezal y del sistema de trilla, separación y limpieza y ausencia de regulaciones automatizadas que permitan adaptar el mismo a las diferentes situaciones de los cultivos.

Dentro de los factores que componen el rendimiento final que obtiene el productor la eficiencia de cosecha sigue siendo clave, dado que incide directamente en la rentabilidad, siendo todavía una materia pendiente para los sistemas productivos

argentinos. Es importante destacar que, para Bragachini en el año 2001, las evaluaciones de pérdidas todavía indicaban valores de más de, 135 kg/ha en promedio (pre cosecha + cosechadora), fundamentalmente provocado por desgrane en el cabezal, cifra que multiplicada por el área de siembra y precio actual del girasol asciende a 57 millones de dólares de pérdidas.

Sin embargo, es necesario considerar que cada año se registran pérdidas significativas en cantidad y calidad, ocasionadas por condiciones climáticas adversas y por el mal manejo de los granos, tanto en la etapa de cosecha como en la de pos cosecha con un porcentaje del 5,5% y del 6% respectivamente ocasionando una pérdida global 4.357 millones de pesos anuales. Reducir estas pérdidas significaría para el país mayores divisas, mejores márgenes para el producto agropecuario y generación de puestos de trabajo en la industria rural (Farrel 2005).

Según un importante número de autores; Hunt (2001); Chancellor y Cervinka (1975) y Nyborg et al., (2018), el éxito en la cosecha de cualquier cultivo de granos se basa en lograr la menor pérdida posible de los mismos así como la calidad del grano cosechado. Esto no escapa al cultivo de girasol (*Helianthus annuus L.*), el mismo es un cultivo muy particular ya que las pérdidas de granos se estiman por el tamaño de las pérdidas de los capítulos sin cortar, los capítulo cortados (que quedaron en suelo) y las semillas, todo esto es afectado no solo por el diseño de los cabezales, sino también por los parámetros cinemáticos, en particular el de la velocidad de la cosechadora.

En relación con la velocidad de avance de la cosechadora, Hunt (2001) demostró la importancia de este parámetro. El autor encuentra que las pérdidas generales de granos en el cultivo de girasol aumentan a medida que aumenta la velocidad. El crecimiento de las pérdidas es directamente proporcional a la velocidad y puede alcanzar el 4% del rendimiento total del cultivo de girasol con un aumento de velocidad de avance de la máquina de 3,2 km/h. hasta 5,6 km/h.

Chancellor y Cervinka (1975) también investigaron el efecto de la velocidad combinada en el progreso del proceso de cosecha de girasol. Estos autores, han demostrado que la velocidad normal o racional para la cosecha de girasol es de 5 a 7 km/h, con valores más bajos recomendados para semillas secas. Respecto a este antecedente se puede ver que tiene aproximadamente 45 años pero ajusta perfectamente a nuestra actualidad en cuanto a la cosecha de girasol confitero que se realiza, generalmente cuando las semillas tienen muy baja humedad, siendo frágil el capítulo

para el desgrane comparado a un girasol aceitero cuya cosecha se realiza a un contenido de humedad mayor.

Según los autores anteriores los principales factores y variables de las pérdidas son la velocidad de avance de la cosechadora y el impacto del escudo sobre el capítulo. Estas variables están vinculadas de forma de directa con la energía cinética y la resiliencia del material del escudo del cabezal.

Los autores Gonzalez & Palazon (1960) explican que, en los ensayos industriales para conocer la resiliencia o capacidad de los materiales para absorber cargas dinámicas, es decir impacto, se realiza lo que se denomina ensayo de choque. El ensayo de choque determina la fragilidad o capacidad de un material de absorber cargas instantáneas, por el trabajo necesario para producir la fractura de la probeta de un solo golpe, para obtener lo que se denomina resiliencia. La resiliencia de un material se mide en Kgm/cm^2 , la cual dependiendo el material puede variar de acuerdo a la temperatura que se encuentra expuesta, un metal varía su resiliencia en $10,8 \text{ kgm/cm}^2$ a $1,6 \text{ kgm/cm}^2$ cuando se pasa de temperatura ambiente a -20°C .

El método de ensayo de choque se utiliza para conocer la resiliencia del material a través de un martillo pendular (*ver figura 1*) el cual se eleva una masa de dimensiones y características conocidas y se hace impactar con la probeta, midiendo la altura final que alcanza el péndulo, de esta manera se puede conocer la capacidad del material de absorber cargas dinámicas de impacto. El módulo de elasticidad (directamente relacionado con la resiliencia de cada material) de la chapa que se utiliza en los escudos de los cabezales equivale a $199,94 \text{ GPa}$, mientras que el de un material más elástico como un polímero termo rígido reforzado con fibra de vidrio tipo E (PTFV) equivale a $84,5 \text{ GPa}$.

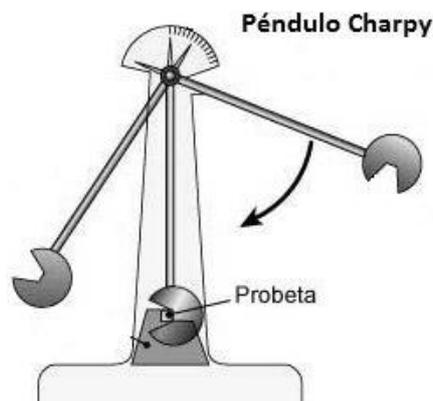


Figura 1 - Martillo péndulo, ensayo de choque

Para entender lo mencionado anteriormente e identificar las variables críticas que determinan las hipótesis del trabajo a formular se procede a la demostración matemática de la simulación del impacto de un capítulo de girasol con el escudo de la plataforma. Para esto se presenta un paralelismo con la caída de un cuerpo de peso “Q” desde una altura “h” hacia una barra con dos puntos de apoyo desarrollada por Guzmán (1976).

Antes de comenzar con la demostración se debe tener en cuenta los siguientes conceptos:

- La carga dinámica que se realiza en un cuerpo, se identifica cuando estas no son aplicadas en forma gradual y la pieza sometida permanece en equilibrio estable.
- En el siguiente grafico se observa el diagrama tensión-deformación de un determinado material, donde se aplican cargas en forma gradual identificando las zonas elásticas, plásticas y la tensión de trabajo, de fluencia y máxima. Cabe recordar que la pendiente de la recta de la zona elástica es el modulo elástico del material.

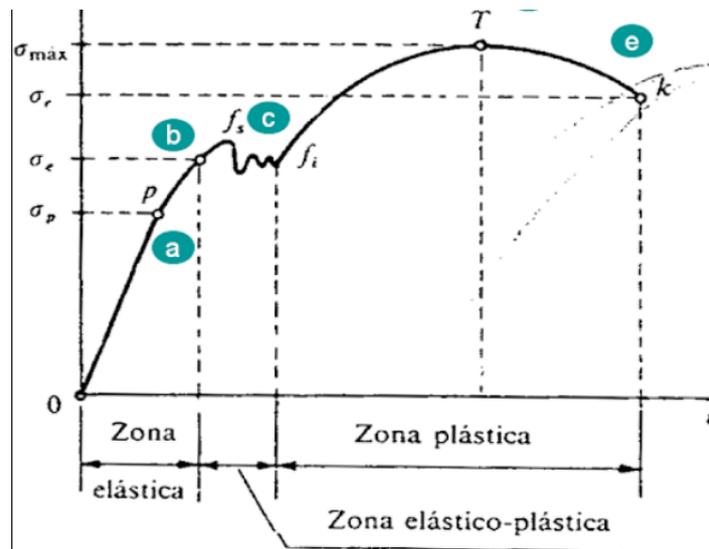


Grafico 1 Tensión - deformación de materiales.

- Una carga dinámica sobre un cuerpo produce mayores tensiones en el mismo, en lugar de la misma carga aplicada en forma gradual.
- Cuando se produce la deformación de un cuerpo en un intervalo de tiempo lento, se denomina creep por el contrario si el tiempo es extremadamente corto se define como impacto de alta velocidad.

- Debe tenerse en cuenta al proyectar piezas sometidas a cargas dinámicas que la capacidad de absorción de energía de las mismas depende de las dimensiones y propiedades de los materiales.

Para el cálculo de impacto y absorción de tensiones por parte de los escudos de distintos materiales, se presenta la similitud de una barra simplemente apoyada y desde una altura “h” cae un peso Q, por efecto del choque aparecen tensiones. El planteo es de carácter dinámico y se resuelve por aplicación de trabajo de deformación, suponiendo que todo trabajo mecánico externo se transforma sin pérdida en energía de deformación y despreciando la energía de deformación del cuerpo que cae en nuestro caso el choque del capítulo con el escudo.

El escudo de los cabezales posee 2 puntos de apoyo sobre los brazos hidráulicos del cabezal, permitiendo la similitud de cálculo barra-caída del objeto.

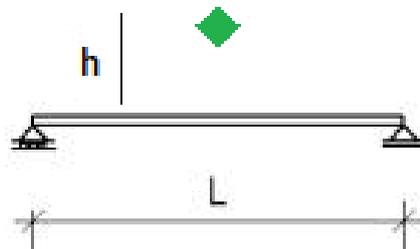


Figura 1 - Esquema básico para la demostración

Demostración matemática de tracción por choque:

- El peso “Q” (girasol) deformara elásticamente la barra (escudo) en un cantidad δ de manera que el trabajo realizado será:

$$T_e = Q * (h + \delta)$$

- Este trabajo externo realizado por el impacto del peso se transforma o gasta en provocar la deformación δ que se convierte en un trabajo interno de deformación (escudo), es decir una deformación elástica.

$$T_i = \frac{1}{2} * \sigma * \epsilon$$

Dónde: σ = tensión

ϵ = deformación

- El trabajo total será:

$$T_i = \frac{1}{2} * \sigma * \epsilon * V$$

$$T_i = \frac{1}{2} * \sigma * \epsilon * A * l$$

Dónde: V = volumen de la barra

A = área

l = largo de la barra

- Sabiendo que la tensión es igual al módulo elástico multiplicado por la deformación.

$$\sigma = E * \epsilon = E * \delta/l$$

- Quedando el trabajo interno:

$$T_i = \frac{1}{2} * \sigma * E * (\delta^2/l) * A$$

- Aplicando el principio de igualdad de los trabajos:

$$T_e = T_i$$

$$Q * (h + \delta) = \frac{1}{2} * \sigma * E * (\delta^2/l) * A$$

- Igualando a “0” y dividiendo por el coeficiente (δ^2):

$$\delta^2 = [(2*1*Q)/(E*A)] * \delta - [(2*1*Q)/(E*A)] * h = 0$$

- Si suponemos Q como una fuerza concentrada estática, por la “Ley de Hooke”, la deformación que produce es $[(1*Q)/(E*A)]$ e identificando con (δ_{st}) esta deformación estática:

$$[(1*Q)/(E*A)] = (\delta_{st})$$

- Reemplazando en la expresión anterior:

$$\delta^2 - 2*(\delta_{st})* \delta - 2*(\delta_{st})* h = 0$$

- La solución de esta ecuación nos da 2 valores de δ , de esta manera tomaremos el mayor, pues a mayor deformación corresponde una mayor tensión y nos interesa conocer el valor de la tensión máxima.

$$\delta = \delta_{st} + [\delta^2 + 2*(\delta_{st})* h]^{1/2}$$

- Los valores de δ_{st} en general son de fracciones de milímetros, es decir son valores muy pequeño frente a h, con suficiente aproximación se pueden despreciar el δ_{st} y δ_{st}^2 quedando:

$$\delta = [2 * (\delta_{st}) * h]^{1/2}$$

- Transformando esta expresión para poder discutir los distintos factores que intervienen y reemplazando el valor de δ_{st} y teniendo en cuenta que:

$$h = v^2/2g \quad \text{donde: } v \text{ velocidad de impacto.}$$

- Resulta:

$$\delta = [2 * [(I * Q)/(E * A)] * v^2/2g]^{1/2}$$

$$\delta = [(2 * I)/(E * A)] * (Q * v^2/2g)^{1/2}$$

- El cociente Q/g es la masa del cuerpo (girasol) por lo tanto la segunda expresión es la energía cinética. Y considerando la tensión:

$$\sigma = E * \epsilon = E * \delta/l$$

- Y reemplazando el valor de deformación de δ con la ecuación anterior y simplificando la expresión queda:

$$\sigma = [(2 * E)/(A * l)] * (Q * v^2/2g)^{1/2}$$

Guzmán (1976) en la última expresión nos muestra que la tensión producida por el choque en el caso de tracción simple, es directamente proporcional a la raíz cuadrada de la energía cinética y del módulo de elasticidad.

Por otra parte, la expresión indica que σ es proporcional al módulo elástico explicando, porque ciertos materiales como la goma o corcho absorben sin ruptura las tensiones producidas por choques.

La variable “h” está considerada en la demostración en caída libre, pero teniendo en cuenta esa distancia en función de la velocidad de avance de la cosechadora la expresión queda en función de la velocidad por el tiempo, quedando la expresión final en función de $(m * v)$ en lugar de la energía cinética, siendo la variación de la “cantidad de movimiento” es decir el impulso provocado sobre el capítulo por el escudo.

De la demostración se obtiene que materiales de menor modulo elástico poseen mayor capacidad de absorción de tensiones. Como así también se destaca a mayor largo

de la barra, en el caso del cabezal el escudo, es decir distancia entre soportes, disminuye las tensiones. Se destaca como factor clave la velocidad de cosecha dado que es directamente proporcional al aumento de tensiones provocando mayor energía cinética e impulso sobre el capítulo.

El segundo concepto físico que influye dada la demostración matemática, es el “movimiento lineal o cantidad de movimiento”, donde se puede estudiar el (impacto) recibido en el girasol por el escudo. Considerando que en el párrafo anterior se demostró que el movimiento lineal es clave en el aumento de tensiones provocado por cargas dinámicas. “El cambio del momento lineal de una partícula durante un intervalo de tiempo es igual al impulso de la fuerza neta que actúa sobre la partícula durante ese intervalo.” (Sears 2010).

Según Farrel (2005) en la Argentina, los valores de pérdidas en girasol en las distintas zonas de cosecha se deben a excesos de velocidad de avance de las cosechadoras relevadas. Es de importancia mantener la capacidad de trabajo para ello es recomendable maximizar el ancho de corte de los cabezales (según grupo de potencia) para mantener la velocidad de avance en valores cercanos a 7,5 km/h.

Estas situaciones mencionadas, no escapan, a los fabricantes de la maquinaria, a los productores y a los técnicos, quienes acuerdan que, en la mayoría de los casos, las responsabilidades de estas pérdidas se deben a los materiales de construcción del cabezal girasolero, habilidad del conductor de la cosechadora, tipo de cultivo y la velocidad de la máquina.

En realidad lo que se pretende, como objetivo principal, de un cabezal girasolero es que sea liviano, posea un ancho de labor de 10 a 24 surcos, pero lo más importante es que el mismo pueda captar los capítulos de girasol con una mínima proporción de tallo y una mínima pérdida de semillas. Esto se puede lograr elevando el cabezal de la cosechadora lo suficientemente alto como para absorber las cabezas mientras reduce la cantidad de tallo y mantiene la cabeza intacta, de modo que pase a través de la cosechadora, completa o en algunas piezas grandes. Finalmente, a esta cuestión de regulación del cabezal se debe agregar que un capítulo de girasol contiene muchas semillas, por lo que asegurarse de que todas pasen por la cosechadora será el objetivo principal para reducir las pérdidas de grano (Nalobina et al., 2019).

En este sentido, un significativo número de investigaciones bien conocidas tuvieron como objetivo desarrollar y mejorar los cabezales para la cosecha de girasol con el fin de reducir las mencionadas pérdidas producidas en dicho dispositivo. En particular lo hecho por Shaforostov et al., (2007) estos autores presentan los resultados de los estudios realizados sobre la creación de un cabezal para la cosecha de girasol con transportadores de tornillo para mejorar o alimentar, más eficientemente, los tallos a la unidad de corte. Los mismos autores desarrollaron equipos de alimentación por tornillo de Arquímedes (o sinfín) con un paso variable de bobinado. Como resultado de las pruebas de campo que realizaron, concluyeron que el cabezal, equipado con un sinfín con un paso ajustado (más fino), proporciona un proceso confiable, una mejor selección del vástago y elimina los efectos dinámicos lo que proporciona una mayor calidad al proceso de captación de la planta.

Startsev (2017) desarrolló el diseño de un alimentador de tornillo basado en el concepto de tener en cuenta las propiedades físico-mecánicas y las características geométricas del cultivo de girasol que se cosechaban durante el diseño de las máquinas cosechadoras. El autor propone mejorar el diseño con una barrena debido a la instalación de los dispositivos de corte en forma de G. Al mismo tiempo estos autores obtuvieron una ecuación que modelizó la relación de dependencia de la pérdida de semillas con la aceleración de la colisión del capítulo y el tallo del girasol con las partes de trabajo del cabezal. La conclusión principal del trabajo fue que las pérdidas de granos disminuyeron en un 15% al reducir el diámetro del eje del rotor de 0,5m a 0,32 m.

Siguiendo con lo referente a la parte constructiva del cabezal, actualmente, la tendencia es crear un cabezal de girasol que garantice la cosecha de un cultivo de cualquier altura, triturando los tallos y reduciendo la obstrucción de los nudos móviles de la unidad de rastrojo (Nalobina et al., 2018). Estos autores llegaron a desarrollar un cabezal destinado a la cosecha de girasol de cualquier altura, asegurando el corte del capítulo lo más cerca posible de su base, lo que produce una reducción en la obstrucción o atoramiento en el cabezal. Para entender esto fácilmente se presenta un esquema en la Figura 1:

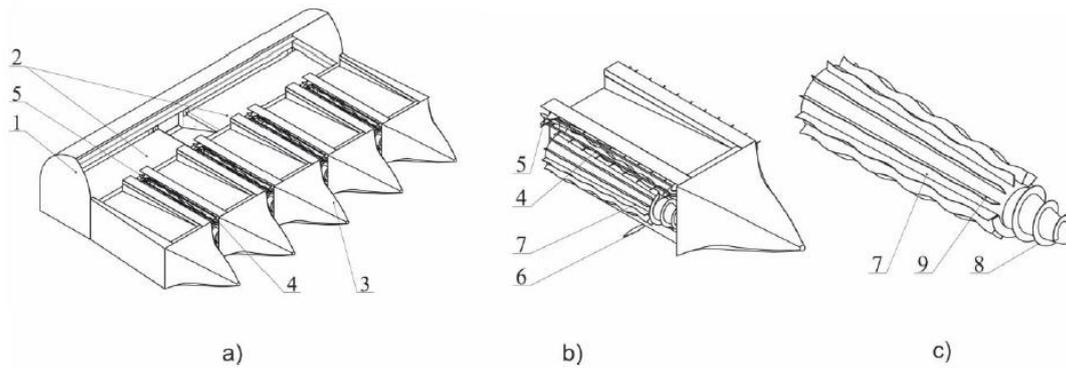


Figura 2 Esquema del diseño de cabezal o KIT girasolero de (Nalobina et al., 2018).

a) Vista General – b) elevador – c) rotor

Referencias: 1) Marco o estructura del cabezal, 2) dos cintas transportadoras montadas en el marco, 3) elevadores o levantadores de capítulos, 4) pasadores con garras, 5) cortadores para cortar los capítulos, 6) cortadores para producir la trituración y corte de los vástagos, 7) un rotor cónico, 8) al principio el rotor es helicoidal, 9) y luego la superficie del rotor tiene crestas sinusoidales.

Este cabezal o KIT para cosecha de girasol que se muestra en la Figura 1 funciona de la siguiente manera: mientras la cosechadora avanza, los levantadores (3) apartan los tallos de los girasoles y caen en el área de los pasadores con las crestas (4), que mueven los tallos a los cortadores giratorios (6) que para producir la trituración y corte de los vástagos y en (5) se cortan los capítulos. Al mismo tiempo, el rotor gira (7), (8) y (9) y con sus dientes helicoidales y crestas sinusoidales sujetan y capturan los vástagos y lo transporta hacia los cuchillos giratorios (6), donde se cortan en pedazos. Debido al hecho de que el rotor 7 es cónico, la captura de los vástagos inferiores no se produce inmediatamente, mientras que los vástagos superiores caen bajo la acción de las contracciones que suceden desde el principio. Esto permite alinear la altura de los tallos con los capítulos. Después de que los capítulos fueron cortados con cuchillos (5), se desplazan a las cintas transportadoras (2), que los mueven a la parte principal de la cosechadora.

Finalmente como se vio hasta este punto, y luego del relevamiento y análisis realizado, la investigación actual en lo que se refiere al estudio de las pérdidas producidas por el cabezal girasolero durante la labor de cosecha, ha tomado 2 direcciones:

a) investigación destinada a optimizar los parámetros cinemáticos, en particular la velocidad de avance de la cosechadora.

b) investigación dirigida a mejorar el diseño del cabezal para mejorar la calidad del proceso de cosecha al reducir el daño a las semillas y sus pérdidas en la labor de campo.

Entonces, ante una situación productiva como la nuestra, con una economía muy debilitada y donde los márgenes para el productor y contratista son cada vez más bajos, sumado a esto la difícil situación de la empresas de maquinarias agrícolas y repuestería de las mismas este trabajo tratará, a través del cumplimiento de sus objetivos, de hacer una aporte útil, económico y de fácil transferencia al medio para lograr ni más ni menos que reducir las pérdidas de granos de girasol en la cosecha y, de esta manera, mejorar el margen productivo de dicho cultiva.

3. Objetivos:

Teniendo en cuenta lo visto en el capítulo de introducción y antecedentes, formularemos el propósito u objetivos del trabajo:

a) Analizar el desempeño de tres tipos de materiales de fabricación del escudo del cabezal girasolero para tratar de lograr el menor desgrane al momento de cosecha.

b) Evaluar el desgrane del girasol a dos velocidades de avance diferente, muy comunes en la zona de estudio.

c) Proponer una combinación armónica entre los materiales de construcción del escudo del cabezal y las velocidades de avance ensayadas, para producir una reducción en el desgrane durante la cosecha de girasol tal, que permita que la misma sea lo más rentable para todos los actores involucrados.



Figura 3 Porcentaje perdidas en cosecha

4. Hipótesis de Trabajo:

De los antecedentes recopilados surgen las siguientes hipótesis de trabajo:

Hipótesis 1: El uso de materiales más elásticos en la construcción del escudo del cabezal girasolero produce una reducción del desgrane al momento de la cosecha.

Hipótesis 2: El desgrane del Girasol, debido al impacto del mismo contra el escudo del cabezal girasolero, están vinculados directamente a la velocidad de avance de la máquina.

5. Materiales y métodos:

5.1. El Lugar y el Cultivo:

El ensayo se llevó a cabo en el Establecimiento “Nueva Castilla”, situado en el Paraje Mari Lauquen, Partido de Trenque Lauquen (Buenos Aires) $S36^{\circ}08'38.6''$ $W62^{\circ}58'22.1''$ y el mismo fue realizado sobre un lote de 190 ha, sembrado con Girasol Confitero, implantado durante la campaña 2019/2020. El Híbrido de Girasol era un NTC 90 de la firma Argensun, cuya fecha de siembra fue el 23/10/2019 a una densidad de 38.000 semillas/ha, con una separación entre líneas de 0,7, obteniéndose 32.000 plantas/ha logradas. El ensayo fue realizado el jueves 5 de marzo a las 10 am, con una humedad en grano del 8%.

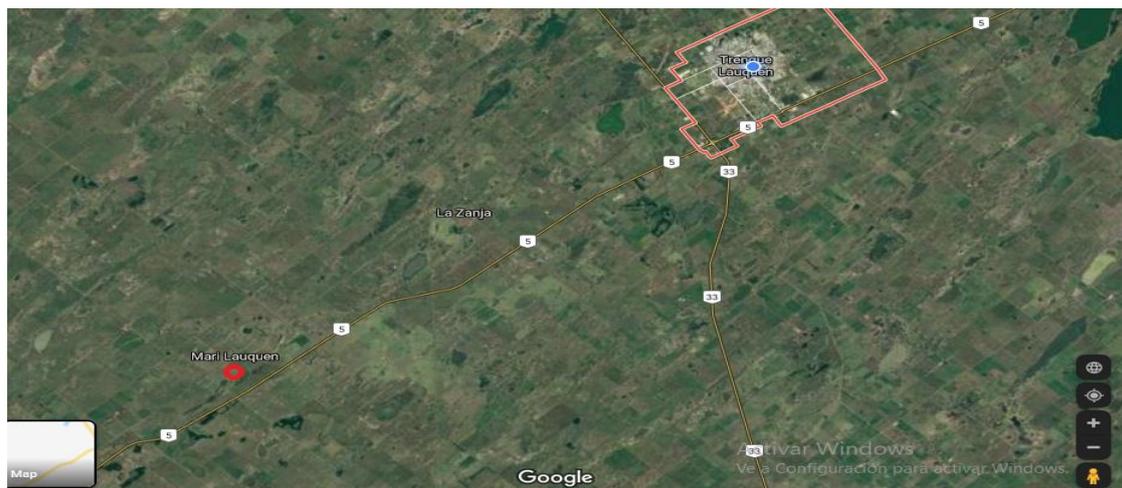


Figura 4 - Mari Lauquen Ruta Nacional N°5 km 475

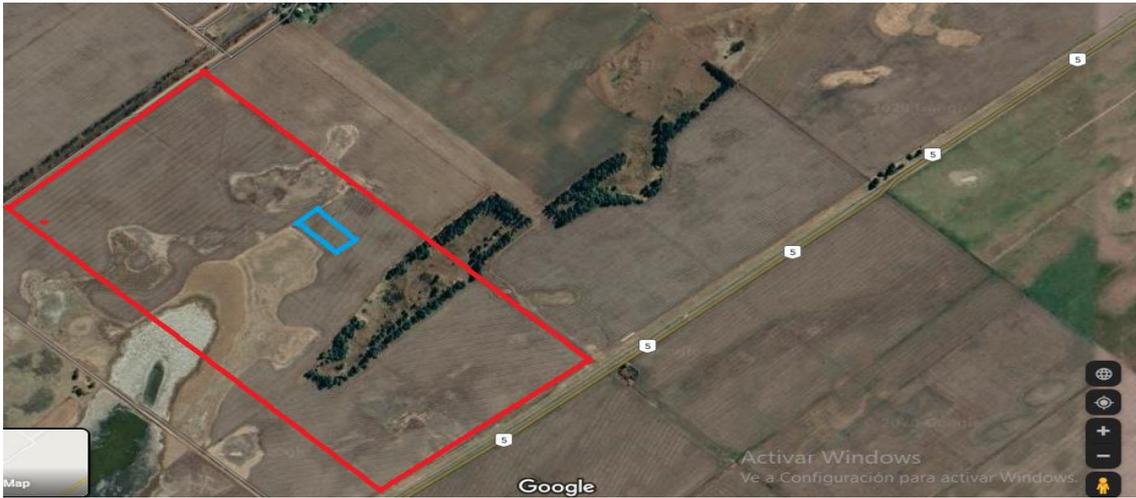


Figura 5 - Ubicación del establecimiento del ensayo S36°08'38.6" W62°58'22.1"



Figura 6 - Cantidad de hectáreas del lote de girasol del Establecimiento.

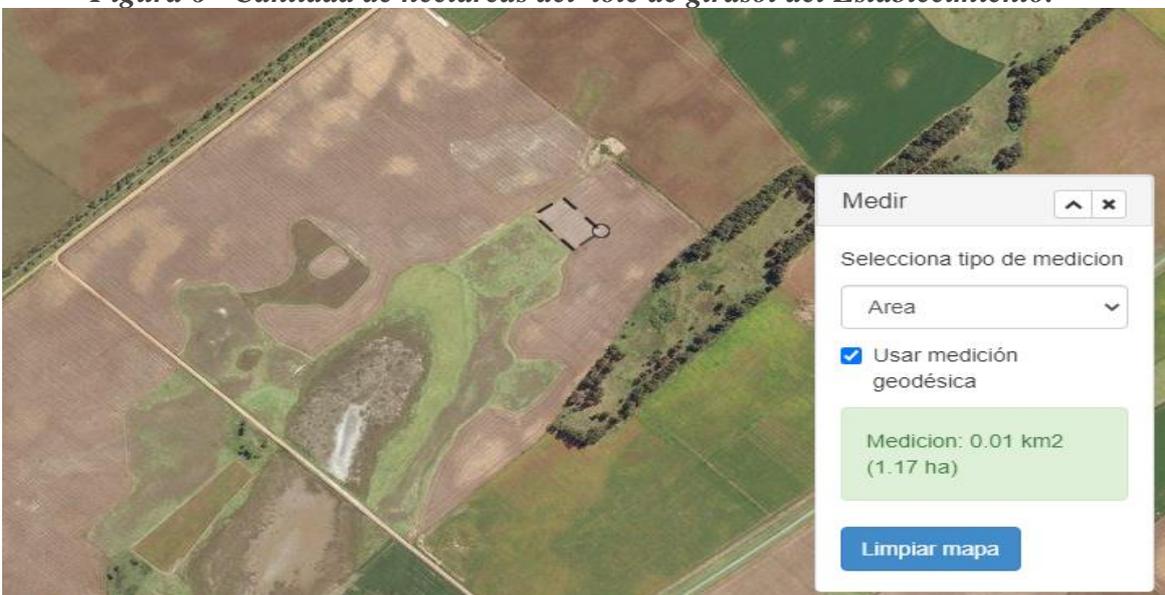


Figura 7 - Cantidad de hectáreas del lote donde se ensayo

5.2. Del procedimiento Experimental:

5.2.1. Cosechadora

La cosechadora utilizada en el ensayo de campo fue una John Deere S670 (Figura 8) cuyas características técnicas se describen en la Tabla 1. La misma se desplazó a dos velocidades diferentes (6,5 km/h y 8 km/h), durante el ensayo.



Figura 8 - Cosechadora John Deere S670

Tabla 1 - Características técnicas

CARACTERÍSTICAS COSECHADORA JOHN DEERE S670	
<i>Motor</i>	Potencia Nominal: 373 HP
	Potencia Máxima 425 HP
	Cilindrada: 9 litros
<i>Transmisión</i>	Capacidad tanque: 945 litros
	Hidrostática 3 velocidades
<i>Alimentación</i>	Ancho embocador: 1,397 mm
	Largo embocador: 1,727 mm
<i>Unidad de trilla y separación</i>	Rotor TriStream
	Diámetro rotor: 762 mm
	Largo rotor: 3,130 mm
	Superficie de trilla: 1,1 m ²
<i>Sistema de Limpieza</i>	Superficie de separación 1,9m ²
	Dyna-Flo 3
	Superficie de limpieza 4,9 m ²
<i>Depósito de granos</i>	Velocidad del ventilador 620-1350 rpm
	11.900 litros
	Velocidad de descarga 135 l/s

5.2.2. Cabezal Girasolero

El cabezal utilizado en el ensayo a campo fue un Mainero Modelo: 51739 Serie 21 Año: 2009 N° 10985 de 40 pies (Figura 9).



Figura 9 – Cabezal Mainero 51739

Al cabezal mencionado, anteriormente, se le hicieron las reformas pertinentes para emular las 3 (tres) alternativas de construcción del escudo, manteniendo igual dimensión para cada uno de ellos, a saber: Tratamiento **OR**: escudo Original del cabezal (chapa de 2mm), tratamiento **FV**: escudo construido de Polímero termo rígido de Fibra de Vidrio, y tratamiento **CS**: escudo recubierto con Caucho Sintético (elastómero). En la figura 10, se puede observar la distribución de cada uno de los escudos a ensayar, en el cabezal girasolero.

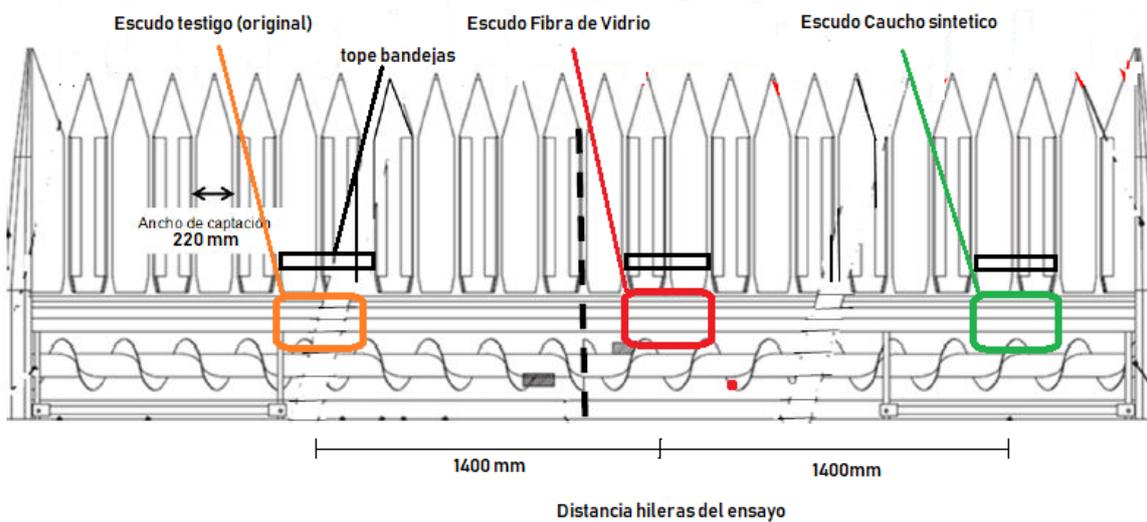


Figura 10 - Disposición de alternativas para el ensayo.

Para la primer alternativa de estudio, identificada como **OR (Original)**. Se utilizó el escudo original del cabezal, construido en chapa plegada de 2 mm (Figura 11).



Figura 11 - Original testigo con topes

Para la segunda propuesta del ensayo, identificada como **FV (Fibra de Vidrio)** se fabricó un escudo prototipo compuesto por un polímero termo rígido reforzado con fibra de vidrio, con las mismas dimensiones que el escudo de chapa (*Figura 13, 14 y 15*), el objetivo es buscar un material más elástico que la chapa, capaz de absorber el impacto de los capítulos. La fibra de vidrio se usa como refuerzo de matrices de plástico para formar compuestos estructurales y compuestos de moldeo. Las características favorables que poseen son: alta relación entre resistencia y peso, buena estabilidad dimensional, buena resistencia al calor, el frío y la humedad, resistencia a la corrosión y fácil fabricación y bajo costo. El tipo de fibra de vidrio a utilizar es Vidrio E, más común hecho de cal, aluminio y borosilicato. El polímero termo rígido utilizado fue una resina epoxi que posee buena resistencia a químicos y solventes y buenas propiedades mecánicas. Dadas las características mencionadas es un material viable para el uso agrícola dado que es resistente al desgaste y a las condiciones ambientales y de fácil fabricación para grandes dimensiones como la maquinaria agrícola.

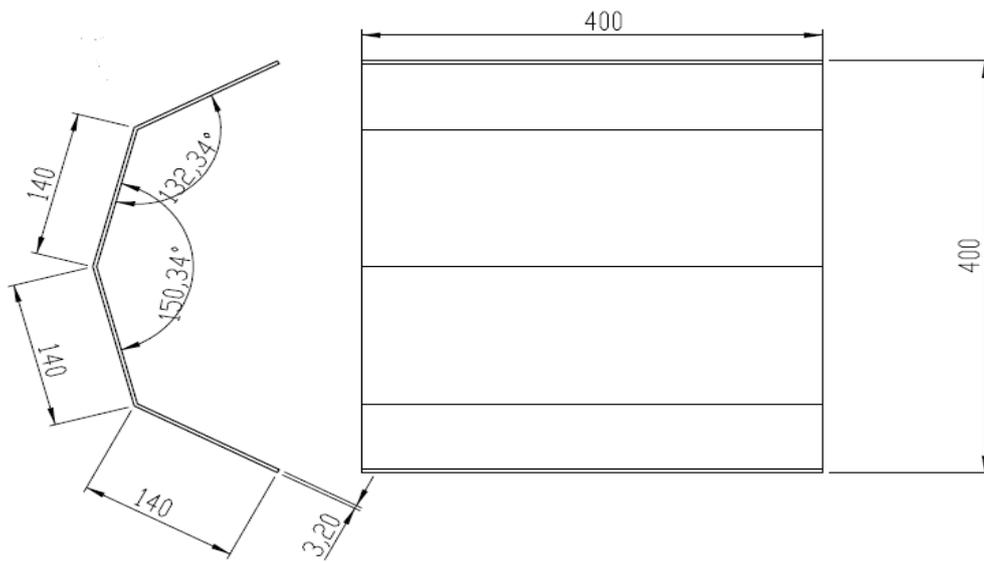


Figura 12 - Dimensiones del escudo fibra de vidrio y chapa.



Figura 13 - Escudo de fibra de vidrio y topes.

La tercera propuesta, identificada como **CS (Caucho Sintético)** es un escudo de chapa plegada de 2 mm de espesor con un recubrimiento de caucho, en este caso un elastómero sintético (ver figura 12, 15 y 16). Es similar en dimensiones a los cabezales Mainero.

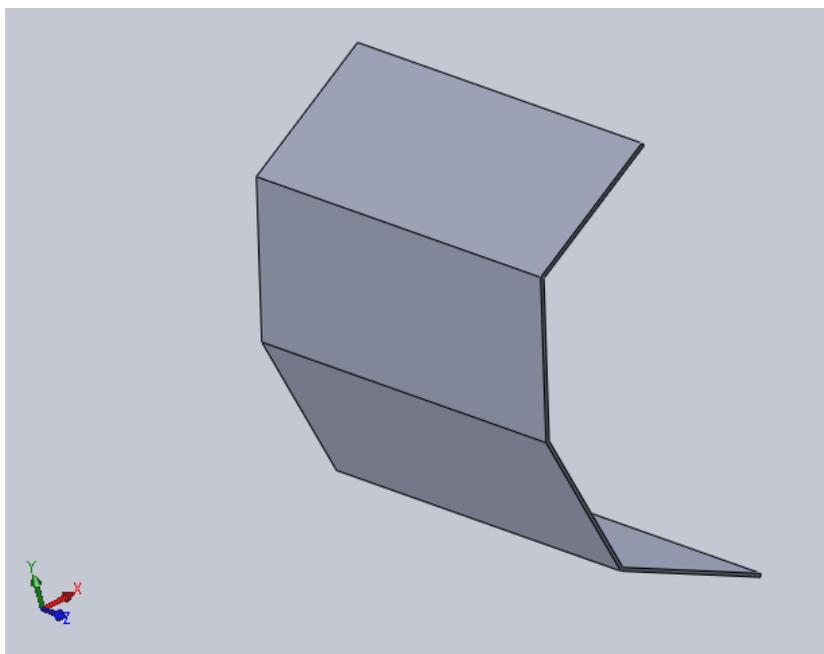


Figura 14 - Diseño SOLIDWORKS Escudo de chapa

El recubrimiento de Caucho Sintético, se propone con el objetivo de utilizar un material elástico y dúctil capaz de absorber el impacto contra el cultivo, este es resistente a las condiciones climáticas externas y a solventes y aceites. El caucho sintético utilizado está compuesto por el copolímero estireno – butadieno (SBR) los grupos de estireno aportan un 25% más de rigidez y resistencia a la abrasión y el calor comparado al elastómero natural. Estas propiedades del recubrimiento son necesarias para la vida útil del mismo dado que se encuentra expuesto a las condiciones ambientales y de uso propio de la cosecha. Frente a las posibilidades de trabajos de mantenimiento de la maquinaria donde se vuelcan aceites y solventes se debería considerar un elastómero con un grupo de nitrilo que aporta resistencia a la acción de los solventes.



Figura 15 - Escudo de Fibra de vidrio y Chapa con caucho sintético



Figura 16 - Escudo con recubrimiento de caucho sintético y topes.

5.2.3. Del Diseño experimental.

Se ensayaron 3 (tres) tratamientos, **a)** escudo original del cabezal (chapa 2mm) (OR), **b)** un caucho sintético como recubrimiento del escudo (CS), y **c)** escudo de igual dimensiones, pero compuesto por un polímero termo rígido reforzado con fibra de vidrio (FV).

Las regulaciones de la máquina fueron hechas por el maquinista, las velocidades de cosecha fueron establecidas en 6,5 km/h y 8 km/h para cada material. Todo el ensayo se realizó sobre 3 hileras equidistantes en pasadas de 50 metros medidas desde la máquina, con 10 repeticiones, donde debajo de cada una se colocó un tope para evitar que las semillas ingresen al sinfín del cabezal. Luego de cada pasada se colocó las semillas que se encontraban en las bandejas en una bolsa codificada con velocidad y tipo de escudo para su posterior pesaje en una balanza de precisión del laboratorio. De esta forma se determinó que los distintos materiales a distintas velocidades ejercieron un mayor impacto sobre el capítulo provocando un mayor desgrane.



Figura 17 - Escudos y topes montados sobre plataforma

El desgrane provocado en el capítulo, producto del impacto del mismo con el escudo, se midió pesando los granos recolectados en las bandejas del cabezal, para esto se colocó un tope en las bandejas (*figura 17*) en los surcos definidos para la recolección total de semillas en bandejas.

El pesaje de las muestras tomadas en el ensayo se realizó con una balanza de precisión marca Acculab en el laboratorio de aguas de la UTN FRTL (*figura 18*) el mismo día del ensayo, la humedad de grano medida en campo fue de 8%. Cada una de las muestras se pasó por una zaranda para eliminar impurezas que desvíen el resultado.



Figura 18 - Pesaje de las muestras laboratorio de aguas UTN FRTL

5.3. Análisis estadístico

El análisis de los datos obtenidos se realizó mediante un modelo de ANOVA para una vía con el programa InfoStat Versión 2018. El criterio empleado para expresar los resultados de los test de comparación de medias es el siguiente:

a) Las diferencias entre tratamientos se expresan empleando el test de diferencia mínima significativa (DMS), con un nivel de significación de ($P < 0.05$); esta prueba

comete un error pequeño cuando se rechazan hipótesis esto significa que la probabilidad de rechazar una hipótesis cuando es verdadera es muy baja.

b) Para evitar errores inherentes en los análisis de los resultados en la comparación de medias se empleó el test LSD Fisher, que es más exigente que el método tradicional Tukey (1953) con un nivel de significancia ($P < 0,05$), dado que el coeficiente que se utiliza para la comparación de medias es menor que el de este último, permitiendo un análisis más riguroso para rechazar o aceptar la hipótesis nula donde todas las medias son iguales.

5.4. Verificación de existencia de variabilidad de las repeticiones del ensayo:

Se utilizó el análisis estadístico ANOVA para dos vías donde se analiza la variación entre las 10 repeticiones del ensayo, para determinar que las variaciones sean entre los tratamientos y no por factores externos entre las repeticiones de 50 metros.

5.4.1. Análisis de variaciones para 6,5 Km/h:

El procedimiento consiste en calcular dos indicadores Cuadrado medio del Bloque (CMBL) donde se calcula las variaciones entre las repeticiones y Cuadrado Medio del Error (CME) variaciones entre todos los tratamientos. Para el análisis a una velocidad de 6,5 km/h se obtuvo un CMBL de 56,2878 y un CME de 48,0305, obteniendo el indicador CMBL/CME un valor de 1,1721 y valor de F para un 5% de confiabilidad de 2,4562 obtenido por tabla. Como se puede observar el indicador es menor al valor F, de manera que no existe influencia de las repeticiones en los tratamientos.

5.4.2. Análisis de variaciones para 8 Km/h:

Para el análisis a una velocidad de 8 km/h se obtuvo un CMBL de 4445,8471 y un CME de 2127,5181, obteniendo el indicador CMBL/CME un valor de 2,0896 y valor de F para un 5% de confiabilidad de 2,4562. Como se puede observar el indicador es menor al valor F, de manera que no existe influencia de las repeticiones en los tratamientos.

6. Resultados y discusión:

Los resultados obtenidos del ensayo se codificaron de la siguiente manera para el muestreo y posterior análisis estadístico:

- **OR65**: 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
- **OR8**: 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

6.1. Calculo ANOVA de acuerdo a la distribución F a un nivel del 5%.

A continuación, se analizaron los desgranes obtenidos entre los distintos escudos a las dos velocidades propuestas. En el punto 5.4. se verifica que no haya existencia de variaciones en las repeticiones (pasadas de 50 metros) que afecten los resultados obtenidos en cada uno de los escudos.

6.1.1. Análisis para una velocidad de 6,5 Km/h con los 3 tipos de escudo:

Tabla 2 – Test LSD Fisher a 6,5 km/h

Desgrane promedio recolectado por bandejas (datos del ensayo)		
<i>FV65</i>	38,91 gramos	a
<i>OR65</i>	47,73 gramos	b
<i>CS65</i>	53,98 gramos	c

Medias con la misma letra indican que no hay diferencias significativas ($p > 0,05$)

Como se puede observar en la tabla 2 con el test LSD Fisher, las 3 medias de cada uno de los tratamientos demuestran diferencias significativas en el desgrane provocado, siendo el de menor proporción el escudo de FV65, seguido por el OR65 y por último el CS65. Como la velocidad ha sido la misma para los 3 tratamientos los resultados derivan de una sola variable que afecta en 2 aspectos. Como se vio en el capítulo “introducción y antecedentes”, en la demostración matemática, el impacto provocado sobre el capítulo induciendo cargas dinámicas en el mismo, es directamente proporcional al módulo elástico de cada material y de la energía cinética. El modulo elástico al ser menor en materiales poliméricos que en los metales, permite una mejor absorción de las cargas instantáneas, tal y como se ve en el resultado del desgrane del

girasol. La energía cinética en los tres tratamientos también difiere, y se ve reflejado en la misma jerarquía en los resultados del desgrane, dado que la energía varía de acuerdo a la velocidad, que en este caso es la misma para los 3, pero a su vez también en la cantidad de masa, siendo esta mayor en el escudo CS65 seguido por el OR65 y por último el FV65, reflejando la misma jerarquía en el desgrane.

6.1.2. Análisis para una velocidad de 8 Km/h con los 3 tipos de escudo:

Tabla 3 – Test LSD Fisher a 8,0 km/h

Desgrane promedio recolectado por bandejas (datos del ensayo)		
<i>FV8</i>	65,56 gramos	a
<i>OR8</i>	99,01 gramos	a b
<i>CS8</i>	103,18 gramos	b

Medias con la misma letra indican que no hay diferencias significativas ($p > 0,05$)

En la tabla 3 se observa a diferencia del ensayo anterior a 6,5 km/h una similitud entre alguno de sus tratamientos. No posee una diferencia significativa el escudo FV8 y OR8, al igual que el OR8 y el CS8, pero si entre el FV8 y CS8. Esto se debe a que existe una gran diferencia entre estos dos últimos en sus masas provocando mayor energía cinética aplicada sobre el capítulo.

Observando los resultados obtenidos tanto a 6,5 km/h como a 8 km/h, y teniendo en cuenta la demostración matemática final de Guzmán (1976) y considerando que la velocidad de avance, es igual para los tres tratamientos, en ambos ensayos, y también sus dimensiones, la única variable que hace que difieran las tensiones entre cada uno de ellos es el modulo elástico de cada uno. Como se sabe el modulo del metal equivale a 199,94 GPa, mientras que el de fibra de vidrio equivale a 84,5 GPa y por último el caucho sintético, que, variando sus aditivos puede oscilar de 0,01 a 0,1 GPa. Como se observa la jerarquía obtenida en los dos ensayos de velocidades es la misma al tamaño del módulo elástico, dado que la de mayor pérdida es un escudo de material metálico con un recubrimiento de caucho (CS), seguido por el escudo OR de solo metal, siendo su módulo menor y con mucha más diferencia el escudo FV. Estableciendo que a igual velocidad de cosecha el desgrane varía de acuerdo a las características del material del escudo, dado que se observa mayor desgrane a mayor masa, es decir provocando mayor

energía cinética sobre el capítulo, y a mayor modulo elástico, es decir teniendo menor capacidad de absorción de cargas dinámicas instantáneas.

Finalizando la discusión respecto a los escudos de distintos materiales ensayados a igual velocidad, tanto a 6,5 km/h como a 8 km/h, el fenómeno del choque que se produce entre el escudo y el capítulo es un choque elástico y no plástico, dado que no hay existencia de deformación o generación de calor al momento del impacto, de manera que el choque elástico vinculado a la conservación de la energía cinética producida y momento lineal, se traduce a la aparición de tensiones en el escudo por un lado y desgrane en el capítulo. Por lo tanto, como se vio en los resultados y análisis de los párrafos anteriores, la mejor absorción de tensiones se da en los materiales de menor modulo elástico como indica Guzmán (1976) en el capítulo de antecedentes, por lo tanto, provocan menor desgrane en el capítulo.

6.2. Calculo de variaciones en las perdidas por desgrane para los escudos del mismo material a las 2 velocidades evaluadas.

Dado que el análisis es dual, se analiza el mismo tipo de escudo a 2 velocidades, analizando si la velocidad afecta en forma directa al desgrane del capítulo.

Tabla 4 – Escudo Original Test LSD Fisher a 6,5 Km/h y 8 Km/h

Desgrane promedio recolectado por bandejas (datos del ensayo)

OR65	47,73 gramos	a
OR8	99,01 gramos	b

Medias con la misma letra indican que no hay diferencias significativas ($p > 0,05$)

Tabla 5 – Escudo Fibra de Vidrio Test LSD Fisher a 6,5 Km/h y 8 Km/h

Desgrane promedio recolectado por bandejas (datos del ensayo)

FV65	38,91 gramos	a
FV8	65,56 gramos	b

Medias con la misma letra indican que no hay diferencias significativas ($p > 0,05$)

Tabla 6 – Escudo Caucho Sintético Test LSD Fisher a 6,5 Km/h y 8 Km/h

Desgrane promedio recolectado por bandejas (datos del ensayo)		
CS65	53,98 gramos	a
CS8	103,18 gramos	b

Medias con la misma letra indican que no hay diferencias significativas ($p > 0,05$)

Como se observa en cada uno de los análisis (Tabla 4, 5 y 6), independientemente del tipo del material, se destaca una diferencia significativa en cada uno de los escudos en las dos velocidades ensayadas. Se puede identificar que la variable crítica como indica Chancellor y Cervinka (1975) es la velocidad de avance de la cosechadora, provocando mayor energía cinética e impulso (diferencial del movimiento lineal) trasladado al capítulo, provocando mayor desgrane. Dado que la energía cinética aplicada al capítulo de girasol aumenta al cuadrado de la velocidad, por esa razón se observa grandes diferencias de desgrane entre los mismos materiales a distinta velocidad.

Comparando los resultados entre escudos a igual velocidad, y entre el mismo escudo a las 2 velocidades ensayadas, se observa que es importante el tipo de material de menor modulo elástico y menor masa para la reducción del desgrane, pero la variable que produce grandes variaciones del desgrane es la velocidad. Observando la tabla 3 se puede visualizar que las pérdidas se asemejaron al aumentar la velocidad, y luego al comparar el mismo escudo (CS, FV y OR) en las 2 velocidades (*tabla 4, 5 y 6*), se produce diferencias significativas en las medias entre los mismos escudos, por lo que una reducción importante del módulo elástico y masa del material, no alcanza para asemejar el desgrane al aumentar la velocidad 1,5 km/h la velocidad de avance

6.3. Consideraciones finales:

Los resultados promedios del desgrane recolectado en bandejas a una velocidad de cosecha de 6,5 km/h (ver tabla 2) el escudo FV mostro una reducción del desgrane provocado por impacto del 18,47% comparado al escudo OR, y una reducción del 27,91% comparado al escudo CS. De esta manera queda demostrado que a la velocidad ensayada de 6,5 km/h el escudo FV es el mejor material para la reducción del desgrane, ante las alternativas propuestas. Mientras que el escudo CS (ver tabla 2) demostró un aumento del desgrane en un 13,09% comparado al OR.

Teniendo en cuenta la tabla 3, el desgrane medido a una velocidad de cosecha de 8 km/h, el escudo FV mostro una reducción del desgrane provocado por impacto del 33,78% comparado al escudo OR, y una reducción del 36,46% comparado al escudo CS. De esta manera queda demostrado nuevamente que la fibra de vidrio es el mejor material para la reducción del desgrane, ante las alternativas propuestas. Mientras que el escudo CS demostró un aumento del desgrane en un 4,21% comparado al OR

Por ultimo considerando las tablas 4, 5, y 6 donde se analizó el aumento del desgrane para los 3 tipos de escudos a las dos velocidades ensayadas, el escudo FV a 6,5 km/h comparado al desgrane provocado a 8 km/h demostró un aumento del mismo del 40,64%. Mientras que el escudo OR mostro un aumento del 48,20% y por último el CS un aumento del 47,68%. Demostrando que, a pesar de la capacidad de los distintos materiales ensayados en la absorción de impacto, la velocidad de cosecha es un factor clave para disminuir el impacto en el capítulo de girasol, por lo tanto, disminuir el desgrane.

En referencia al desgrane obtenido en los distintos escudos propuestos, produjo menor desgranamiento el de material de menor modulo elástico (FV). Proporcionándose a través de los resultados obtenidos suficiente evidencia como para validar la **hipótesis 1**

Hipótesis 1: El uso de materiales más elásticos en la construcción del escudo del cabezal girasolero produce una reducción del desgrane al momento de la cosecha.

Considerando el desgrane obtenido del mismo escudo ensayado en las dos velocidades propuestas, se observó, tanto entre el OR65 y OR8, CS65 y CS8, FV65 y FV8 un aumento considerable en el desgranamiento dado por el aumento de la velocidad, comparado al desgrane provocado por el cambio de material entre los escudos. Proporcionándose a través de los resultados obtenidos suficiente evidencia como para validar la hipótesis 2.

Hipótesis 2: El desgrane del Girasol, debido al impacto del mismo contra el escudo del cabezal girasolero, están vinculados directamente a la velocidad de avance de la máquina.

7. Conclusiones:

Dentro de los límites de este trabajo, las conclusiones obtenidas son las siguientes:

- Para evitar un aumento del desgrane y por lo tanto disminuir la potencial pérdida por cabezal no se debe superar la velocidad de 6,5 km/h, y utilizar el cabezal con el escudo FV en la cosecha de cultivo de girasol mejoraría el desgrane en un 18,47%.
- El aumento de la velocidad de avance en la labor de cosecha de girasol en el orden de 1,5 km/h implica una potencial pérdida por desgrane que no es compatible con una producción agrícola sustentable.
- La utilización de materiales de menor modulo elástico (como el escudo FV) posee la mejor absorción de tensiones provocando, por lo tanto, el menor desgrane del capítulo de girasol al momento de la cosecha.

8. Recomendaciones:

Las empresas que fabrican actualmente los cabezales girasoleros, podrían estudiar la viabilidad económica de añadir una pieza que por material y tipo de proceso es más costosa que la original de chapa, para la cual ya cuentan con las máquinas y herramientas necesarias para su fabricación.

La posibilidad de cambiar el material del escudo de chapa a fibra de vidrio, también mejoraría notablemente el peso del cabezal, dado que hoy en día los cabezales de girasol son cada vez más anchos por el desarrollo de los sistemas de trilla con mayor capacidad y de esta manera los tamaños de los escudos son proporcionales a los mismos. El peso del escudo de FV prototipo con el cual se ensayo es de 1,200 kg mientras que el escudo OR de igual dimensiones es de 3,510 kg, en una plataforma de 11 metros de largo descontando los puntones laterales y los brazos de regulación de altura, la pieza completa que conforma el escudo mide 9,50 metros de largo, por lo que utilizar el material compuesto de resina y fibra de vidrio (FV) ante la chapa (OR) en una plataforma de esas dimensiones reduce su peso en dicha pieza en un 65,87%.

Queda a futuro evaluar el impacto en los distintos sistemas de cabezales, es decir entre los cabezales de escudo y los de rolo giratorio, también variando en este mismo

sus materiales. También queda la posibilidad de trabajar en morfologías diferentes en los escudos.

9. Agradecimientos

A mi Director al Dr. David Rivero, que comenzamos el ensayo en febrero, y el resto del trabajo se realizó en condiciones difíciles dado el contexto de la pandemia, trabajando de forma virtual durante todo el año, a pesar del trabajo extra que llevo la adaptación a esta modalidad.

Al Dr. Guido F. Botta que colaboró durante todo el armado y justificación del trabajo para darle el aval científico necesario para ser un proyecto original y coherente.

Al Ing. Gabriel encargado de cosecha del Establecimiento Nueva Castilla, por su disponibilidad y permitirme realizar el ensayo, y la buena predisposición de los contratistas en la realización del mismo.

Al Ing. Rubén Álvarez del INTA Trenque Lauquen, quien me contacto con distintos investigadores del área y productores de girasol de la región.

Al Ing. Nilo Butler, ex docente mío, y actual compañero de trabajo, quien me ayudo con todo el estudio cinemático y de impacto, que se desarrolló durante el trabajo.

A mi padre el Ing. Agr. Pablo Mavolo que me acompañó a la realización del ensayo, y al armado de los escudos. Y por ser quien me acerco a esta área de conocimiento tan apasionante como la maquinaria agrícola desde chico en los controles de cosecha.

10. Referencia Bibliográfica:

- Botta G., Tolon A., Bienvenido F., Rivero D., Laureda D., Contessotto E. "Sunflower (*Helianthus Annuus* L.) harvest: Tractor and grain chaser traffic effects on soil compaction and crop yields" DOI: 10.1002/ldr.3181 wileyonlinelibrary.com/journal/ldr.-
- Bragachini M., Martin A. y A. Mendez, "Eficiencia de cosecha de girasol" INTA PRECOP 2005.-
- Casini Cristiano & Bragachini Mario "Girasol Eficiencia de cosecha y postcosecha" Manual N°2 3era Edicion ISSN 1667-9199 INTA PRECOP. 2004.-
- Chancellor W.J., Cervinka V. (1975), Potential Harvesting Improvement with Optimum Combine Management. *Tras, World Applied Sciences Journal, ASAE*, Vol. 18(1). pp. 59-65, California / USA.-
- Farrel M. ; M. Bragachini; J. Peiretti; B. Coen; R. Rivarola "Perdidas de cosecha en girasol.-
- Farrel M. "Relevamiento y análisis de las pérdidas de cosecha en La Pampa", EEA INTA Anguil 2005.-
- Gonzalez C. , C. Palazon "Ensayos Industriales de materiales, combustibles y lubricantes" 1960 3era edición.-
- Guzman A. "Resistencia de Materiales" C.E.I.P.L. Séptima edición 1976
- Hunt D. (2001), *Farm Power and Machinery Management*. 10th Edition. Iowa State University press, 376 p. ISBN-13: 978-1577665731, Iowa / USA.-
- Nalobina O.O., Gerasymchuk O.P., Puts V.S., Martyniuk V.L., Shovkomyd O.V., Vasylichuk N.V., Bundza O.Z., Holotiuk M.V., Serilko D.L., (2018), Analytical investigation of the interaction of the sunflower stem with the lateral surface of the header lifter. *Inmateh Agricultural Engineering*, Vol. 55, No.2, pp. 171-180. ISSN 2068-4215, Bucharest / Romania.-
- Nalobina O.O., Vasylichuk N.V., Bundza O.Z., Holotiuk M.V., Veselovska N.R., Zoshchuk N.V., (2019), A new technical solution of a header for sunflower harvesting. *INMATEH* Vol. 58, No. 2 / 2019, pp 129 – 136. Ukraine.-
- Nyborg E.O. Nyborg E.O., Gregory R., (2018), Evaluation Report. URL: [http://pami.ca/pdfs/reports_research_updates/\(4c\)%20Grain%20Combines%20and%20Attachments/204.PDF](http://pami.ca/pdfs/reports_research_updates/(4c)%20Grain%20Combines%20and%20Attachments/204.PDF) (data of applying: 19.03.2018).-
- Quiroga A., J Fernandez "El cultivo de girasol en la región semiárida Pampeana" INTA Junio 2008.-

- Secretaria de Agroindustria “Estimaciones Agrícolas” Informe Mensual, 21 de marzo 2019. Ministerio de Producción y Trabajo.-
- Secretaria de Agroindustria “Estimaciones Agrícolas” Informe Mensual, 6 de febrero 2020. Ministerio de Agricultura, ganadería y Pesca.-
- Startsev A.S., (2017), Experimental- theoretical justification of the construction and diameter of the tub shaft of auger-reel scraper for harvesting sunflower (Экспериментально - теоретическое обоснование конструкции и диаметра трубного вала шнека-мотовила жатки для уборки подсолнечника), Proceedings of the Orenburg State Agrarian University (Известия оренбургского государственного аграрного университета), Vol. 1, pp. 70–74, Orenburg / Russia.-
- William Smith & Javad Hashemi “Fundamentos de la ciencia e Ingeniería de materiales” cuarta edición.