

RELEVAMIENTO Y AJUSTE DE LA VARIABLE TEMPERATURA EN LA OBTENCIÓN DE ACEITE CRUDO Y EXPELLER DE SOJA

PRÁCTICA PROFESIONAL (COD.9160)

Alumno: Cuéllar Parrado, Jennifer Tatiana.
Tutor por la FI-UNRC: Muñoz, Diego.
Tutor por la empresa: Bogino, María de los Ángeles.
Lugar: Alimentos Santa Rosa S.A.
Periodo: 06/05/19 – 16/07/19
Presentación: 23/10/19

Departamento de Tecnología Química
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Río Cuarto

RESUMEN

En el presente informe se detallan las actividades llevadas a cabo durante la Práctica Profesional Supervisada (PPS), realizada en la empresa Alimentos Santa Rosa S.A. la cual se dedica a producir aceite crudo desgomado y expeller de soja.

Inicialmente se mencionan los objetivos generales y específicos, se describe la empresa y el proceso productivo que se lleva a cabo en la empresa. Posteriormente se indican las tareas realizadas, el análisis de los resultados obtenidos y las respectivas conclusiones.

Uno de los objetivos específicos es relevar y ajustar la variable temperatura, para poder relacionarla con la eficiencia de extracción de aceite, y así poder hallar el punto óptimo de extracción. Para conseguir este objetivo de manera correcta, se necesitó reconocer todas las etapas del proceso, realizar un seguimiento del mismo mediante análisis de muestras tanto por el método analítico convencional como por el equipo NIRS (Espectroscopia en infrarrojo cercano).

Finalmente respecto a las conclusiones, se alcanzaron satisfactoriamente tanto los objetivos generales como los específicos y se logró llevar a cabo una práctica con una postura profesional y adecuada.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. OBJETIVOS	4
1.1 Objetivos generales	4
1.2 Objetivos específicos	4
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	4
2.1 Presentación.....	4
2.2 Área de desempeño de la PPS y jornada	5
2.3 Organigrama	5
2.4 Descripción del proceso.....	5
2.4.1 Recepción.....	6
2.4.2 Secado	6
2.4.3 Línea de producción 1	6
2.4.3.1 Limpieza.....	6
2.4.3.2 Quebrado	6
2.4.3.3 Laminado.....	7
2.4.3.4 Acondicionamiento primario	7
2.4.3.5 Prensado	7
2.4.3.6 Recuperación de borras	7
2.4.3.7 Decantación.....	7
2.4.3.8 Hidratación y mezclado de aceite.....	7
2.4.3.9 Centrifugación.....	8
2.4.3.10 Almacenamiento de aceite	8
2.4.4 Línea de producción 2.....	8
2.4.4.1 Limpieza.....	8
2.4.4.2 Quebrado	8
2.4.4.3 Acondicionamiento primario	8
2.4.4.4 Extrusión	8
2.4.4.5 Prensado	9
2.4.4.6 Hidratación de expeller	9
2.4.4.7 Almacenamiento de expeller	9
2.5 Diagrama de bloques	9
3. DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS	10
3.1 Tareas asignadas	10
3.1.1 Reconocimiento y capacitación	10

3.1.2	Análisis a muestras de producto final y de proceso.....	11
3.1.3	Ajuste de curvas del equipo NIRS	11
3.1.4	Determinación de eficiencia del proceso	11
3.1.5	Generación de curvas de funcionamiento óptimo del proceso	11
3.1.6	Relación entre temperatura y variables de calidad	11
3.2	Tareas adicionales	12
3.3	Análisis de resultados	12
3.3.1	Análisis a muestras de producto final y de proceso.....	12
3.3.2	Ajuste de curvas del equipo NIRS	19
3.3.3	Determinación de eficiencia y curvas de funcionamiento óptimo de línea de extrusado.....	19
3.3.4	Relación entre temperatura y variables de calidad	24
3.4	Proposiciones de mejora.....	25
4.	CONCLUSIONES	26
5.	BIBLIOGRAFÍA	26
	ANEXOS	27
AI.	Fotografías.....	27
AII.	Instructivos.....	34
AIII.	Análisis a muestras de producto final y de proceso.....	37
AIV.	Ajuste de curvas del equipo NIRS	41
AV.	Eficiencia y funcionamiento óptimo de la línea de extrusado	45
AVI.	Relación entre temperatura y variables de calidad.....	48

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivos generales

- Comprender el funcionamiento de una empresa, su organización, políticas, objetivos y visión empresarial.
- Conocer el ambiente laboral de la industria.
- Entender el proceso productivo y proponer mejoras.
- Realizar análisis a muestras de aceite y expeller.
- Relacionarse con operadores de distintas áreas.

1.2 Objetivos específicos

- Reconocer todas las etapas del proceso de obtención de aceite crudo y expeller de soja (quebrado, laminado, cocción, y prensado de soja) para entender la dinámica del mismo, identificando las variables de proceso: temperaturas, humedades y tiempos de acondicionado. Se analizará el comportamiento de la temperatura de trabajo de los diferentes equipos intervinientes en el proceso para relacionarla con la eficiencia de la extracción de aceite.
- Realizar análisis a muestras de aceite y expeller con el método analítico convencional y con el equipo NIRS (analizador infrarrojo), de manera de poder ajustar las curvas del equipo al proceso e incorporar las curvas correspondientes a la línea nueva de extrusado.
- Realizar seguimiento del proceso productivo, realizando análisis por NIRS.
- Buscar el punto óptimo de extracción de aceite mediante el análisis de línea de la variable temperatura.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1 Presentación

Alimentos Santa Rosa S.A. es una empresa con una participación activa en el sector agroindustrial, produciendo harinas proteicas y aceites vegetales para la elaboración de alimentos de consumo animal, especialmente industrias del sector avícola, porcino, tambos y feedlots. La fábrica fue fundada en el año 2004 y se encuentra ubicada en el parque industrial de la ciudad de Río Cuarto, provincia de Córdoba, con una capacidad anual de procesamiento de 66.000 toneladas de soja.

Los principales datos de la empresa son:

- Dirección: Tomas de Anchorena 950.
- Teléfono/Fax: (0358) 4664811.
- Email: asrsa@asrsa.com.ar.

2.2 Área de desempeño de la PPS y jornada

La práctica se desarrolló en el área de calidad con una jornada de 4 horas diarias de lunes a viernes, específicamente en el horario de 15:30 a 19:30.

2.3 Organigrama

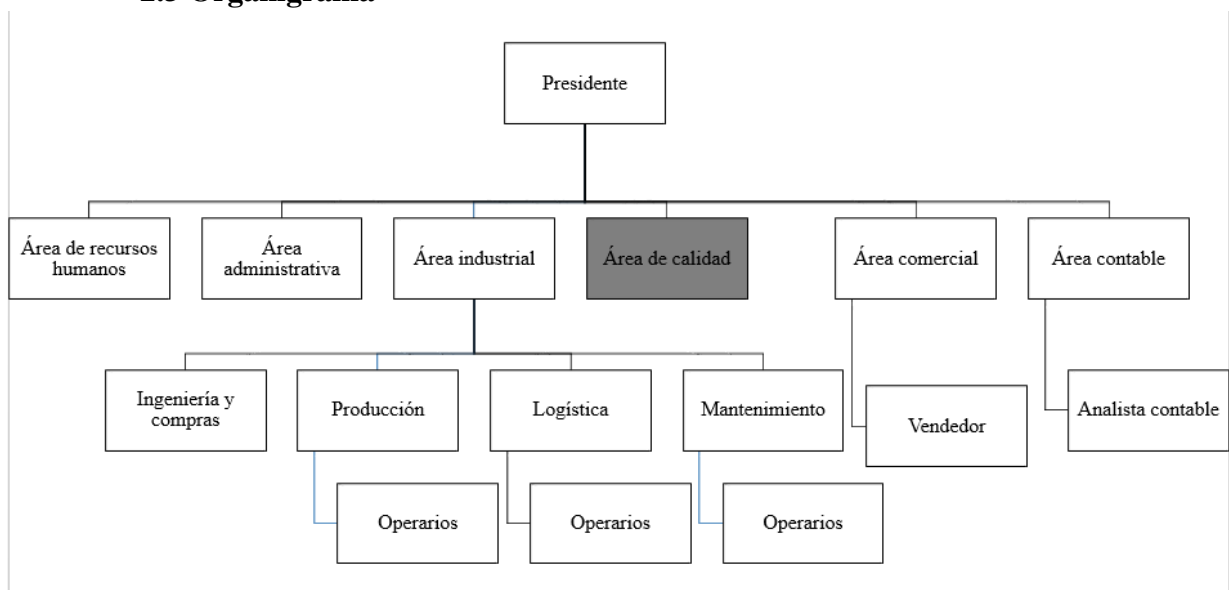


Figura 1: Organigrama de la empresa Alimentos Santa Rosa.

En la figura N°1 se muestra el organigrama de la empresa cuya estructura organizacional adoptada es del tipo lineal o militar. Se resalta el área de calidad que es donde se lleva a cabo la práctica.

2.4 Descripción del proceso

De manera general, el proceso inicia con una etapa de limpieza y quebrado del grano de soja, luego se le da un acondicionamiento de temperatura. Posteriormente utilizando una técnica de extracción que combina un extrusado previo con un prensado posterior, se logra generar aceite crudo desgomado y el material sólido remanente de la extracción denominado expeller.

A continuación se describen con mayor profundidad cada una de las etapas involucradas:

2.4.1 Recepción

El grano de soja ingresa a la fábrica en camiones propios de la empresa o de algún proveedor. Se le realiza una inspección en cuanto al contenido de humedad, siendo la tolerancia de recibo un valor de 15,5% en base húmeda (b.h.), se inspecciona presencia de materia extraña, granos dañados, revolcados, averiados, amohosados, quebrados y verdes; y si cumple con los requerimientos, se procede a su descarga. En función del parámetro de humedad se almacena en los correspondientes silos o en la celda.

2.4.2 Secado

Cuando el grano ingresa con un contenido de humedad superior al 12% en b.h., se lleva a cabo su secado hasta una humedad aproximada de 10% en b.h., con el fin de poder almacenar la semilla en óptimas condiciones y estandarizar la humedad del grano antes de iniciar el proceso. La temperatura del aire caliente en el secadero se encuentra entre 65-75°C y el equipo utilizado es un secadero vertical de flujo continuo y mixto porque combina los sistemas de columnas y caballetes.

Una vez seca la materia prima, se transporta a los cuatro tanques pulmón que alimentarán a las dos líneas de producción con las que cuenta la fábrica. La diferencia entre las dos líneas radica en el funcionamiento y los equipos que cada una posee pero obtienen el mismo producto final: aceite crudo y expeller de soja.

Con un rendimiento promedio de 81% en producción de expeller y 14% en aceite, la proporción que brinda cada línea es del 58,5% la línea 2 y el restante por la línea 1.

2.4.3 Línea de producción 1

2.4.3.1 Limpieza

La soja que proviene de los tanques pulmón ingresa a la tolva de alimentación y luego pasa por una zaranda del tipo vibratoria para separar finos y gruesos, es allí donde se realiza la separación de la semilla de los cuerpos extraños que pueda contener. En su base, contiene un imán para separar los posibles objetos metálicos.

2.4.3.2 Quebrado

Posteriormente la semilla pasa por un molino quebrador, en donde se realiza su reducción de tamaño (en cuatro o más partes) para aumentar su superficie de contacto, mejorar la ruptura de la molécula y facilitar el laminado posterior.

Cuenta con un sistema de rolos dentados que ejercen presión sobre la semilla y permite que el grano se quiebre en pequeños fragmentos.

2.4.3.3 Laminado

Los pequeños fragmentos de semilla se transforman en láminas de aproximadamente 0,5 mm de espesor y ya se encuentra en condiciones óptimas para ingresar al acondicionador primario.

2.4.3.4 Acondicionamiento primario

El poroto de soja crudo posee factores antinutricionales tóxicos y termolábiles que afecta el aparato digestivo de los monogástricos y rumiantes jóvenes. Por tal motivo, se debe calentar la semilla en un equipo en donde se inyecta vapor calefactor de manera indirecta, permitiendo su desactivación. El grano sale de este equipo con una temperatura entre 95-100°C.

2.4.3.5 Prensado

Antes de prensar el producto, se ingresa a un acondicionador secundario con vapor indirecto que eleva su temperatura 10 grados más. Posteriormente se somete el grano a presión en una primera prensa, con el fin de extraer aceite y separarlo del expeller. Se obtiene como fase líquida aceite y borra y como fase sólida harina con alto contenido de grasa. Esta última corriente de expeller ingresa a una segunda prensa, la cual realiza el ajuste final de grasa.

2.4.3.6 Recuperación de borras

En el caso de la fase líquida, se dirige a un borrero para eliminar la borra (subproducto del prensado). Esta última se recircula nuevamente al sistema, en la descarga de la primera prensa para su reprocesamiento.

2.4.3.7 Decantación

El aceite va hacia un decantador, en donde por fuerza centrífuga, se eliminan gomas y otras impurezas.

2.4.3.8 Hidratación y mezclado de aceite

Al aceite obtenido del decantador, se le adiciona agua en una proporción de 2% en peso a 75-85°C, con el objetivo de dar inicio al proceso de desgomado.

Las denominadas gomas son compuestos fosfátidos presentes en el aceite en una proporción de alrededor del 2%. Su presencia es indeseable porque genera rancidez y oxidación.

El aceite hidratado, previo al ingreso de la centrífuga, es agitado en un tanque con un tiempo mínimo de retención de 30 minutos.

2.4.3.9 Centrifugación

El aceite es enviado por gravedad a la centrífuga y allí se separa las gomas o fosfátidos hidratables, y se obtiene aceite crudo desgomado.

2.4.3.10 Almacenamiento de aceite

El aceite desgomado ingresa a un tanque de decantación con fondo cónico para eliminar por sedimentación las impurezas restantes. Luego pasa por rebalse a los tanques de almacenamiento para su posterior carga a granel.

2.4.4 Línea de producción 2

2.4.4.1 Limpieza

La soja ingresa a la tolva de alimentación mediante norias y pasa por un cernidor rotativo que separa posibles cuerpos extraños.

2.4.4.2 Quebrado

De igual manera que la línea de producción 1, se quiebra el grano en un molino quebrador.

2.4.4.3 Acondicionamiento primario

Los granos quebrados se acondicionan en un equipo que cuenta con 6 pisos y donde por camisas calefactoras se pasa vapor, aumentando su temperatura a 65°C aproximadamente.

2.4.4.4 Extrusión

El proceso de extrusado consiste en someter al producto a una alta presión por un período corto de tiempo (20-30 seg) generando altas temperaturas por fricción (alrededor de los 120°C) y modificando la estructura de los componentes químicos del poroto. Al salir del extrusor, este material se descomprime y pasa súbitamente a presión atmosférica, lo que provoca la evaporación de agua y la rotura de las celdas que contienen el aceite. Esta modificación favorece la extracción del aceite, además de desactivar la soja.

En esta etapa, si la temperatura es muy baja, no se alcanza a desactivar la soja y si es demasiado alta se corre el riesgo de quemar las proteínas.

2.4.4.5 Prensado

La pasta semilíquida caliente es conducida por medio de un tornillo sinfín a las tres prensas con las que cuenta esta línea. Antes de cada prensa, hay un acondicionador secundario mediante vapor indirecto que mantiene la temperatura de la pasta en 105°C aproximadamente. De cada una de las prensas se obtiene expeller y aceite con borra. El proceso de la fase líquida es igual que el descrito en la línea 1.

2.4.4.6 Hidratación de expeller

El expeller obtenido de la segunda prensa (línea 1) se mezcla con el expeller de salida de las tres prensas de la línea 2. Se le agrega los productos de desgomado de la centrífuga y agua, con el fin de aumentar su contenido de grasa y humedad respectivamente.

2.4.4.7 Almacenamiento de expeller

Mediante un sistema de transporte se lleva el expeller final al galpón donde cae por gravedad sobre el suelo y mediante un sinfín se transporta hacia el camión para su venta a granel.

2.5 Diagrama de bloques

En la figura N°2 se muestra el diagrama de bloques del proceso productivo de la empresa y en el anexo I se encuentran registros fotográficos de algunos equipos.

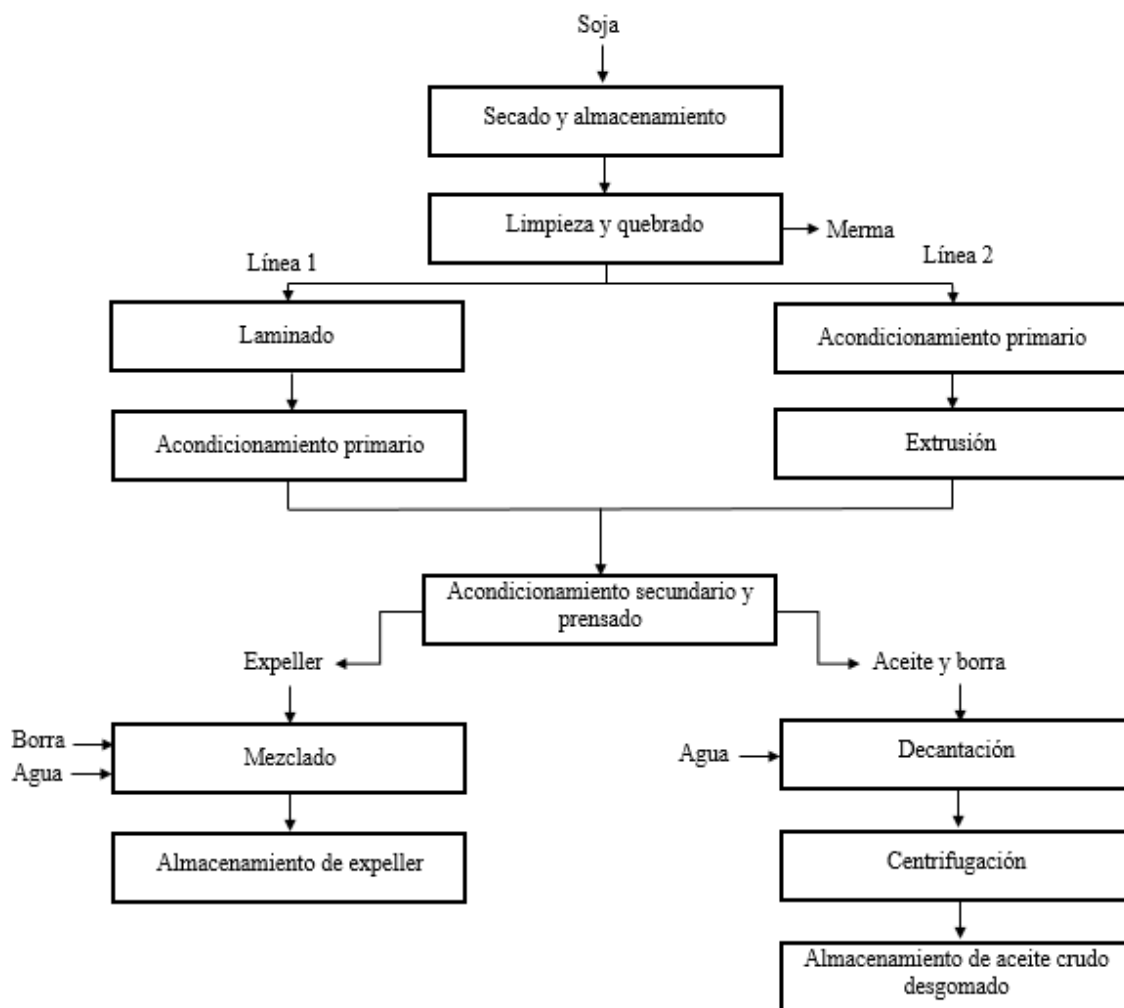


Figura 2: Diagrama de bloques del proceso productivo en Alimentos Santa Rosa.

3. DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS

3.1 Tareas asignadas

3.1.1 Reconocimiento y capacitación

Al iniciar la práctica, se realizó un relevamiento general de la planta con el fin de conocer las etapas que forman parte del proceso y los equipos que intervienen. Dicha actividad se llevó a cabo bajo la dirección de la ingeniera a cargo del área de calidad, María de los Ángeles Bogino. Además, se realizó la presentación del personal a cargo de las distintas áreas.

Se recibió una capacitación por parte del encargado de Higiene y Seguridad, con el objetivo de concientizar sobre el uso de los elementos de protección personal y la manera correcta de desempeñar las actividades con el fin de evitar un accidente.

3.1.2 Análisis a muestras de producto final y de proceso

En cada jornada se tomó una muestra de expeller dos veces en distintos puntos del proceso, específicamente a la salida de las prensas y en el galpón.

A estas muestras se las analizó en el equipo NIRS para determinar su porcentaje de materia grasa y humedad. A la muestra de galpón se le examinó su desactivación mediante la solución del rojo fenol.

De igual manera se tomaron muestras de aceite para determinar acidez y porcentaje de sedimentos, y se analizaron en el equipo NIRS para determinar su humedad y cantidad de fósforo.

Asimismo se seleccionaron algunas muestras de proceso para realizar de manera convencional su análisis de grasa y humedad con los instructivos que se describen en el anexo II.

Adicional a esto, se analizaron en el NIRS muestras de grano y despachos de expeller y se escogieron algunos para analizar también con el método analítico convencional.

3.1.3 Ajuste de curvas del equipo NIRS

Por falta de tiempo, no se llevó a cabo el ajuste de las curvas del equipo, pero si se tomaron la cantidad suficiente de muestras para realizar dicha calibración.

3.1.4 Determinación de eficiencia del proceso

Para hallar la eficiencia, se tomaron varias muestras de la línea de extrusado (línea 2) para hacer su análisis de composición de grasa y humedad mediante el método analítico. La línea 1 no se analizó por falta de tiempo.

3.1.5 Generación de curvas de funcionamiento óptimo del proceso

Se pretendía monitorear la variable temperatura de extrusión para encontrar la que brinda un funcionamiento óptimo en la línea 2. Por tal motivo, cuando se tomaron las muestras para la determinación de eficiencia, se midió la temperatura que tenía cada muestra y se relevó la energía consumida por las prensas y las extrusoras.

3.1.6 Relación entre temperatura y variables de calidad

El equipo NIRS arroja los parámetros que describen el producto. En función de dichos parámetros, se decide la salida del producto. Uno de los parámetros que arroja, con el

expeller, es el porcentaje de proteína soluble y bruta. Este parámetro está relacionado directamente con la temperatura que tuvo la soja durante el proceso.

3.2 Tareas adicionales

En el transcurso de la práctica, se llevaron a cabo varias experiencias con grano de girasol en lugar del habitual de soja. Estas muestras no se analizaron por el NIRS, solo se les hizo su análisis convencional de humedad y grasa en el expeller, y acidez y porcentaje de sedimentos en el aceite.

3.3 Análisis de resultados

3.3.1 Análisis a muestras de producto final y de proceso

Soja de ingreso

En la figura N°3 se grafica el porcentaje de humedad en el grano de soja que se recibe, de varias muestras analizadas por el NIRS.

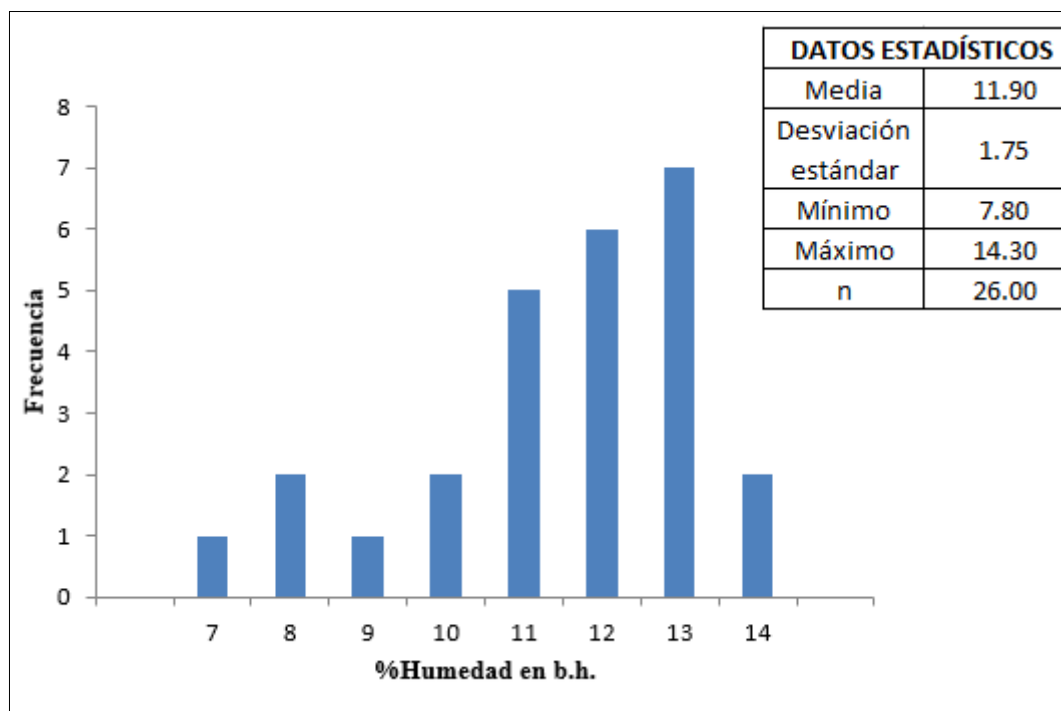


Figura 3: Porcentaje de humedad en soja según NIRS. AIII.2

Se observa gran fluctuación del porcentaje de humedad en b.h. alrededor de un valor promedio de 11,90%, igualmente una amplia variabilidad con máximo y mínimo distanciados casi 7 puntos, 14,30% y 7,80% respectivamente.

Además el 58% de las muestras analizadas tienen un valor de humedad mayor al recomendado, el cual es 12%; por tal motivo es indispensable el acondicionamiento del grano mediante su secado antes de ingresar a cada una de las líneas de producción.

Producto final

Los principales parámetros con los que se dan salida al expeller son el porcentaje de materia grasa y humedad, estos datos se registran con cada número de turno y se determinan mediante el NIRS.

Los parámetros de materia grasa y humedad en b.h. deben encontrarse dentro del rango de 7,5-8,5 y 9-10% respectivamente. En la figura N°4 se grafica el valor de humedad en b.h. y en la figura N°5 se grafica el valor de materia grasa de varias muestras:

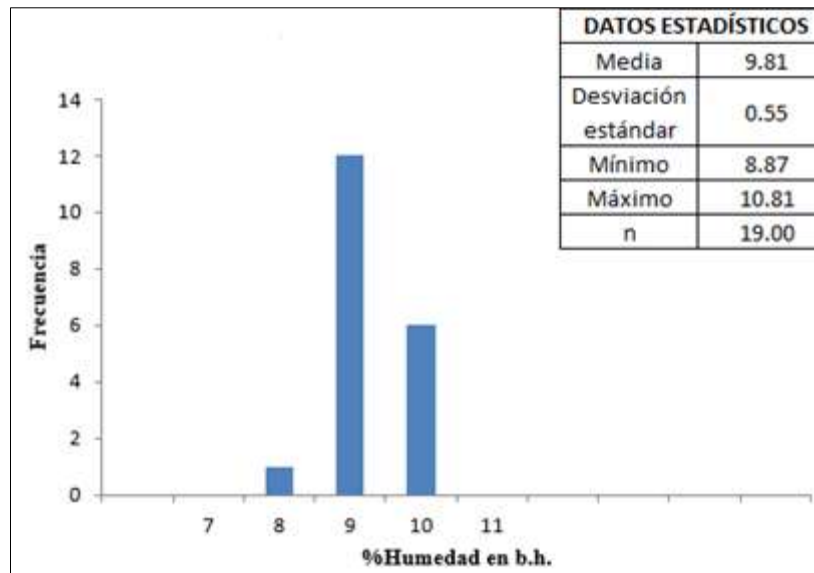


Figura 4: Porcentaje de humedad en expeller de soja según NIRS. AIII.1

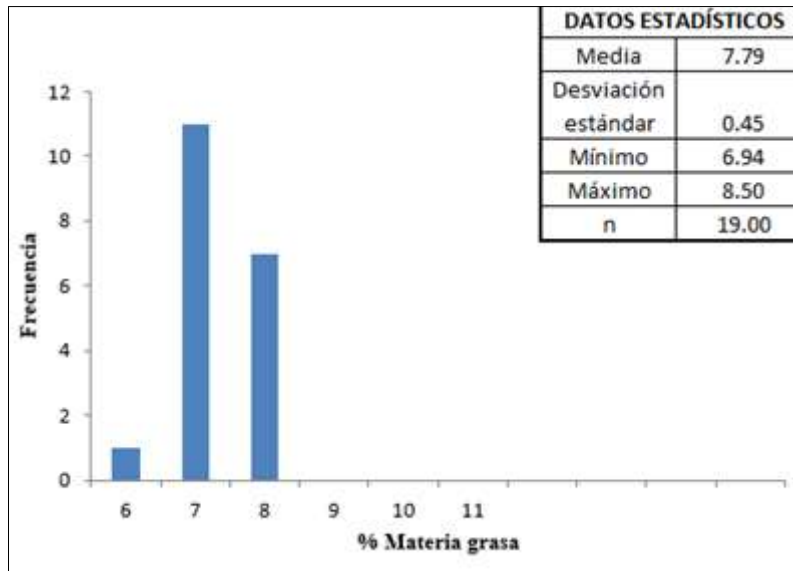


Figura 5: Porcentaje de materia grasa en expeller de soja según NIRS. AIII.1

Con respecto al contenido de humedad, los valores mínimo y máximo encontrados fueron de 8,87 y 10,81% respectivamente, con un promedio para todas las muestras de 9,81%.

Para la materia grasa, los valores mínimo y máximo fueron de 6,94 y 8,50% respectivamente, con un promedio para todas las muestras de 7,79%.

De la misma manera, de las muestras analizadas, el 63% se encuentra en especificación dentro de los rangos dichos con anterioridad.

Proceso

Haciendo un análisis a las muestras tomadas a la salida de las prensas y del galpón¹, se dan los siguientes resultados:

¹ Muestra representativa del lugar donde caía en dicho momento el expeller, se ubicaba en el galpón de almacenamiento final de producto.

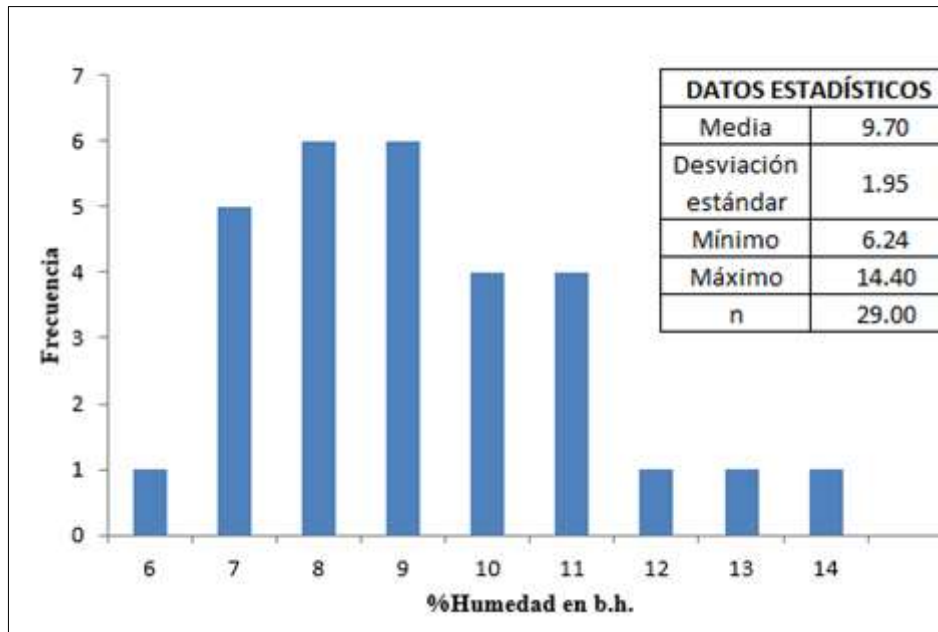


Figura 6: Porcentaje de humedad en muestra de galpón según NIRS. AIII.3

Con un valor promedio de humedad de todas las muestras de 9,70%, un valor máximo de 14,40% y un valor mínimo de 6,24% se puede notar una gran dispersión de los valores de humedad en la figura N°6; esto es consecuencia del método inestable que se adapta para agregar agua al expeller final antes de su almacenamiento. El sistema cuenta con una válvula manipulada por el operador, el cual, en función del resultado que arroje el NIRS, se traslada a un mayor o menor caudal de agua impulsado por una bomba que mediante una aspersión se libera al producto. El inconveniente radica en la inestabilidad de los valores de caudal. Este sistema se automatizará, no siendo necesaria la manipulación del operador en un futuro.

A diferencia de la humedad, los valores de materia grasa mostrados en la figura N°7 son más estables y rondan entre 6% y 8%, salvo algunos que son mayores. Específicamente el 70% de estas muestras no se encuentran en especificación al tener valores menores de materia grasa, esto se ve reflejado en un valor promedio para todas las muestras de 7,36.

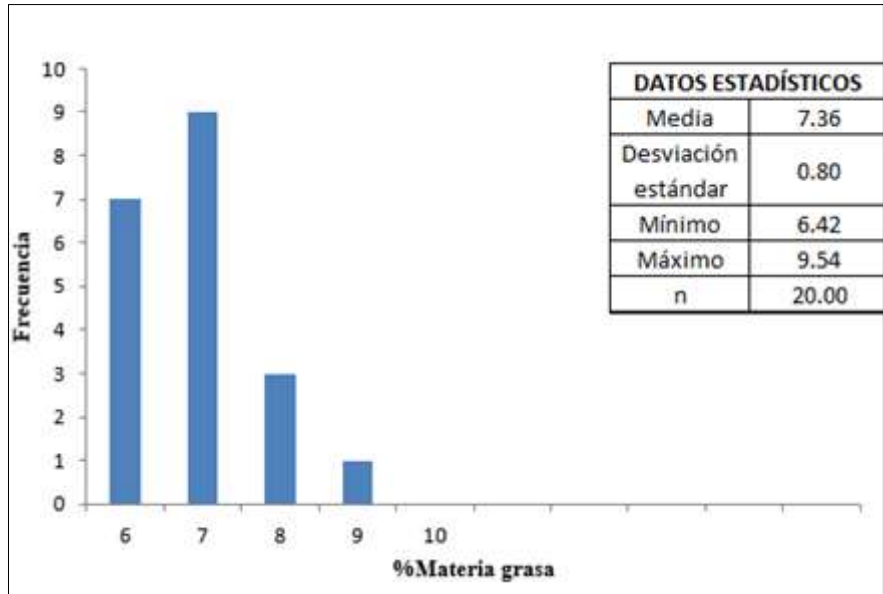


Figura 7: Porcentaje de materia grasa en muestra de galpón según NIRS. AIII.3

Los parámetros para las muestras tomadas a la salida de las prensas se muestran en la figura N°8 y en la figura N°9:

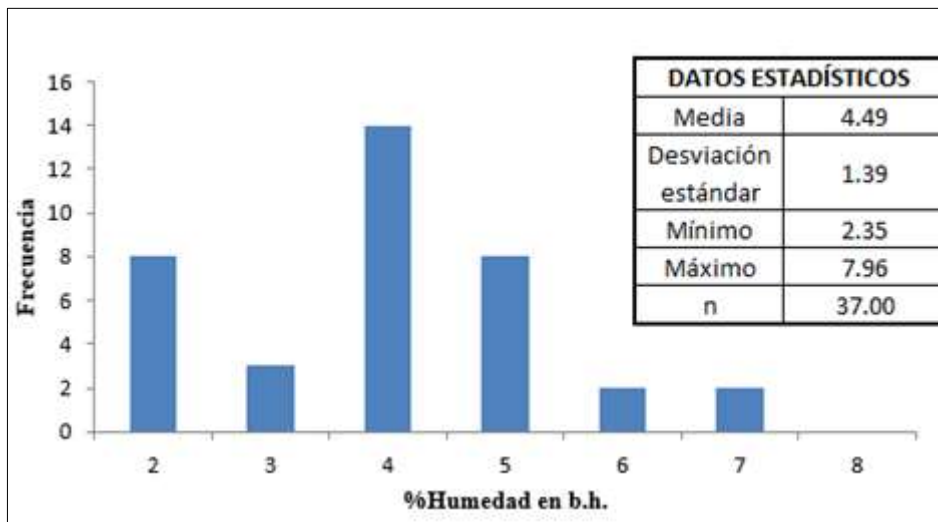


Figura 8: Porcentaje de humedad en muestras a la salida de prensas según NIRS. AIII.3

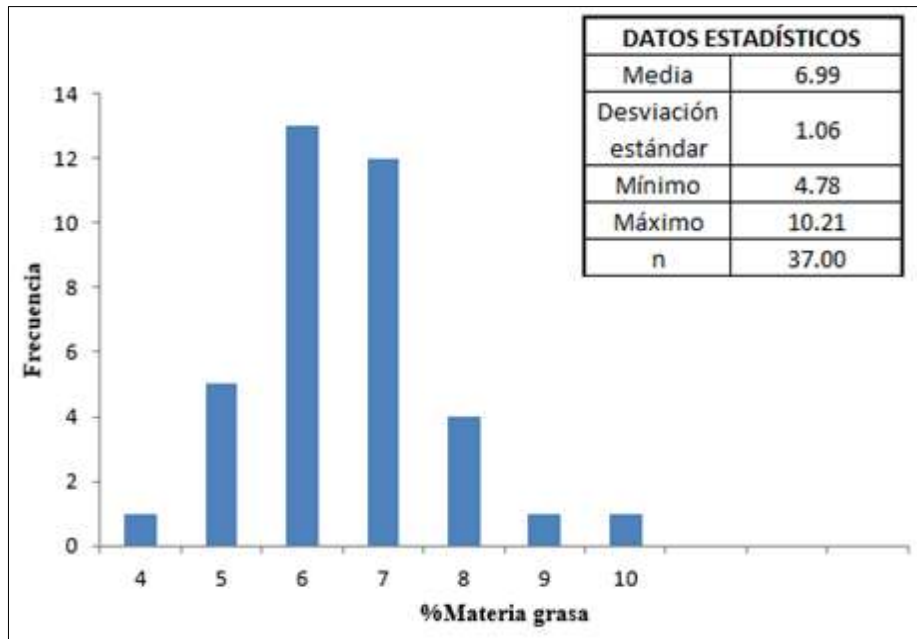


Figura 9: Porcentaje de materia grasa en muestras a la salida de las prensas según NIRS. AIII.3

A la salida de las prensas, los valores de humedad en b.h. deben encontrarse por debajo de 5% y los de materia grasa por debajo de 7%.

El parámetro de humedad tiene un promedio de 4,49% y una gran diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo, 7,96% y 2,35% respectivamente.

Un porcentaje de humedad en b.h. mayor a 5% puede ser indicio de que las aspiraciones del acondicionador secundario se encuentren obstruidas, que la línea de producción cuente con una humedad de grano mayor al 12%, el cual es el recomendado, o puede ser a causa de que el material no estuvo el tiempo suficiente en la extrusora o prensa, por la variabilidad de los consumos de los equipos, y por consiguiente la humedad y materia grasa no disminuya. Además, esto puede traer consigo que el material se encuentre crudo y no tenga correctamente desactivados los factores antinutricionales que posee el poroto de soja crudo.

Con respecto al porcentaje de materia grasa, se obtiene un valor promedio de 6,99%, también con una gran diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo, 10,21% y 4,78% respectivamente.

La variabilidad del porcentaje de materia grasa puede ser a causa de falta de mantenimiento en las prensas, siendo necesario algún reemplazo de sus piezas. La fábrica

en un principio contaba con un registro que permitía llevar a cabo el mantenimiento preventivo de cada uno de los equipos, esto se dejó de hacer y en ocasiones el equipo falla en pleno proceso. Valores altos de grasa a la salida de las prensas provoca una pérdida de aceite en el expeller y bajo rendimiento de extracción.

En cuanto a las muestras de aceite, el parámetro de acidez se encuentra por debajo de 1 con un valor promedio de 0,39 y la concentración de fósforo con valores inferiores a 250 ppm con un valor promedio de 221,35 ppm. Dichos valores se pueden observar en la figura N°10 y en la figura N°11 respectivamente:

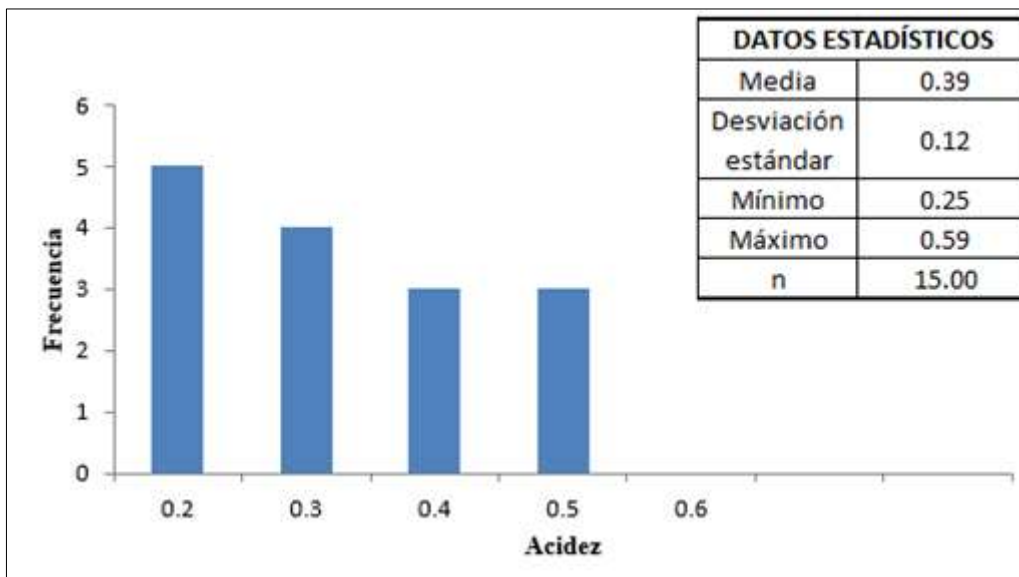


Figura 10: Acidez en muestras de aceite. AIII.4

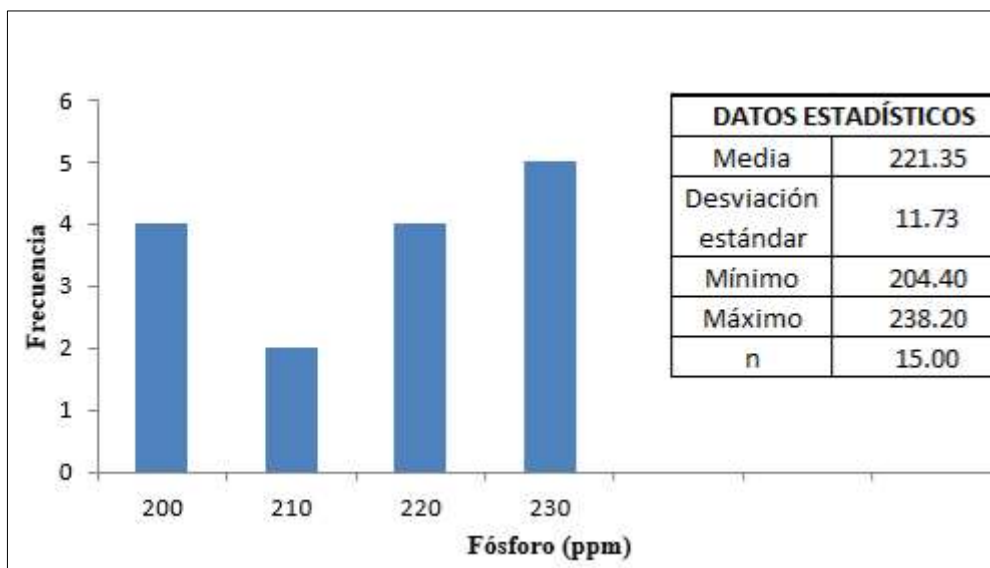


Figura 11: Fósforo (ppm) en muestras de aceite. AIII.4

Cabe destacar que el aceite de soja desgomado es exportado, lo cual tiene relación con la estabilidad de sus parámetros. Se tiene la intención de implementar esa estandarización con el producto de expeller para su futura exportación.

3.3.2 Ajuste de curvas del equipo NIRS

El equipo cuenta con varias curvas en su sistema para determinar los parámetros del expeller. En función del lugar de donde se toma la muestra, se elige la curva que corresponde. Hay una curva para la muestra de galpón, una para la salida de la prensa 2, una misma curva para la salida de las prensa 3, 4, 5, una curva para el grano de soja y una curva para el expeller de salida.

En términos generales, la tendencia que se muestra en las gráficas del anexo VI es que el NIRS arroja valores mayores o iguales a los medidos por el método analítico. Esto tiene como consecuencia que el producto que se vende tiene en realidad valores menores de humedad y grasa, saliendo sin especificación. Además no se está aprovechando la posibilidad de agregarles agua o grasa para recuperar un poco los parámetros que se perdieron durante su procesado.

Esta diferencia de medidas también afecta económicamente a la empresa, debido a que aumenta el porcentaje de mermas y disminuye la eficiencia, por esta razón es fundamental llevar a cabo la calibración del equipo en el menor tiempo posible.

3.3.3 Determinación de eficiencia y curvas de funcionamiento óptimo de línea de extrusado

Para hallar la eficiencia en la extracción de aceite se requiere del porcentaje de extracción y del contenido de aceite del poroto. Para el porcentaje de extracción es necesario tomar muestras a la salida de las prensas y de la soja de entrada para medir su composición de grasa. La eficiencia se determina de la siguiente manera:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Porcentaje de extracción}}{\text{Contenido de aceite del poroto}} * 100 = \frac{\%MG_{\text{Poroto}} - \%MG_{\text{Prensa}}}{\%MG_{\text{Poroto}}} * 100$$

Donde el porcentaje de materia grasa de prensa, es el promedio entre las salidas de las tres prensas de la línea 2.

En la figura N°12 se grafica los valores de las eficiencias en función de la humedad del poroto de ingreso en b.h., y se observa que la mayor eficiencia obtenida fue con una humedad de 10,28% en b.h.:

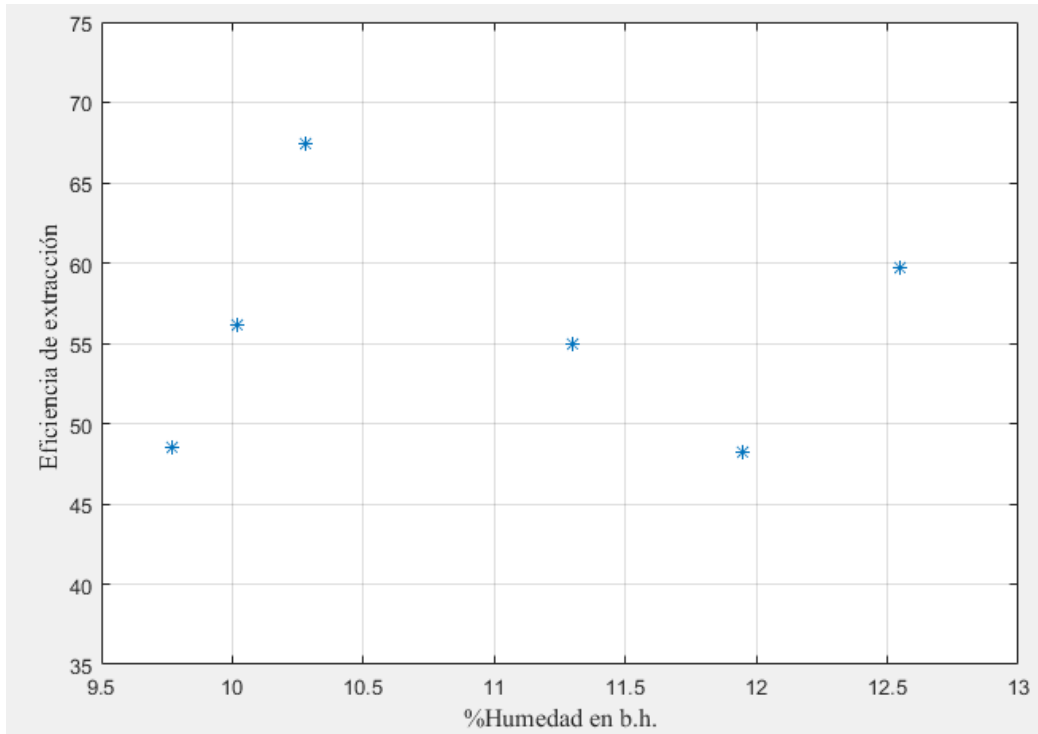


Figura 12: Eficiencia de extracción vs humedad de soja en b.h. AV.1

Analizando la variable de la temperatura de extrusión, la cual es controlada por el operario o el responsable de planta, se pretende hallar una temperatura óptima de extrusión; ya que si es demasiado baja, sería insuficiente la desactivación de la soja y si es demasiado alta, se puede dañar la proteína convirtiéndola en indigestible.

Los resultados que relacionan la temperatura de extrusión con la eficiencia se encuentran en la figura N°13, y se manifiesta que el valor más alto de eficiencia se da con una temperatura de extrusión de 117,56°C, lo cual significa que de esta manera se obtiene la menor cantidad de aceite posible en el expeller, como se ve reflejado en la figura N°14:

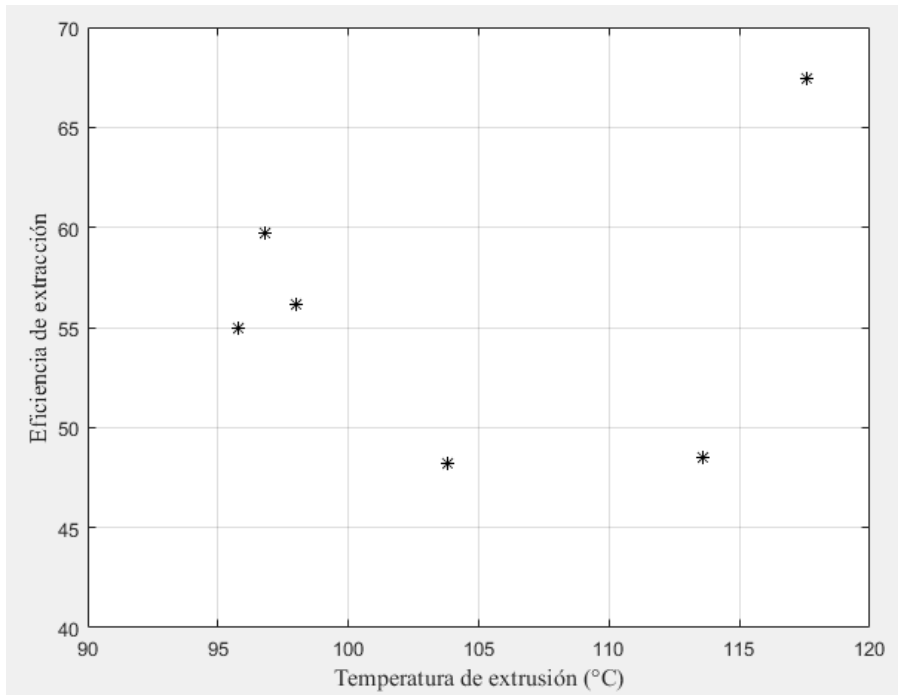


Figura 13: Eficiencia de extracción vs temperatura de extrusión. AV.1

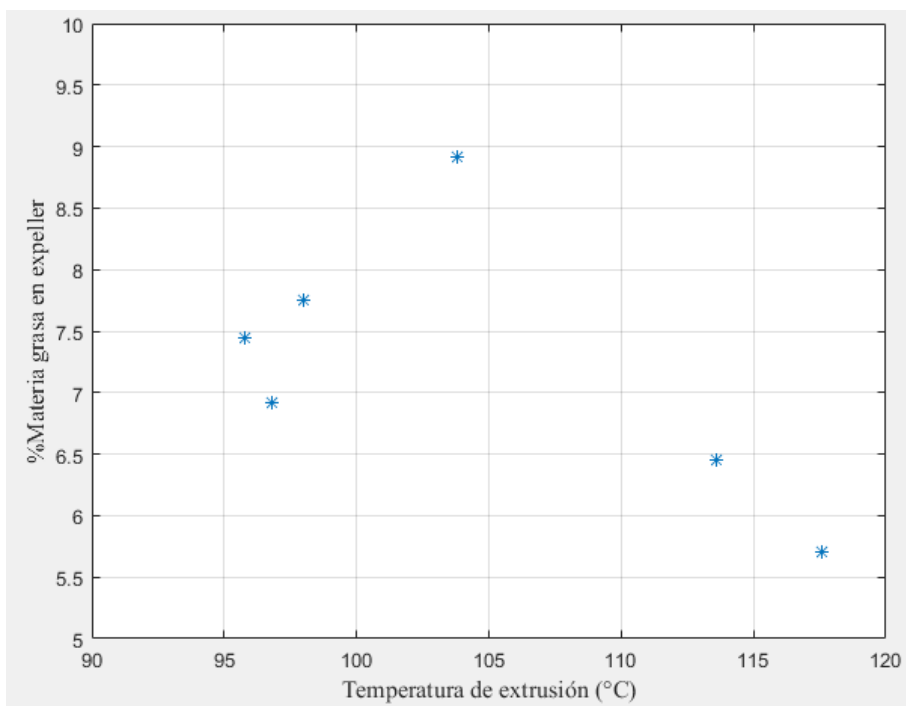


Figura 14: Porcentaje de materia grasa en el expeller de soja vs temperatura de extrusión. AV.1

Sin embargo en la figura N°15 se muestra que dicha temperatura se dan a costa de un alto consumo de energía:

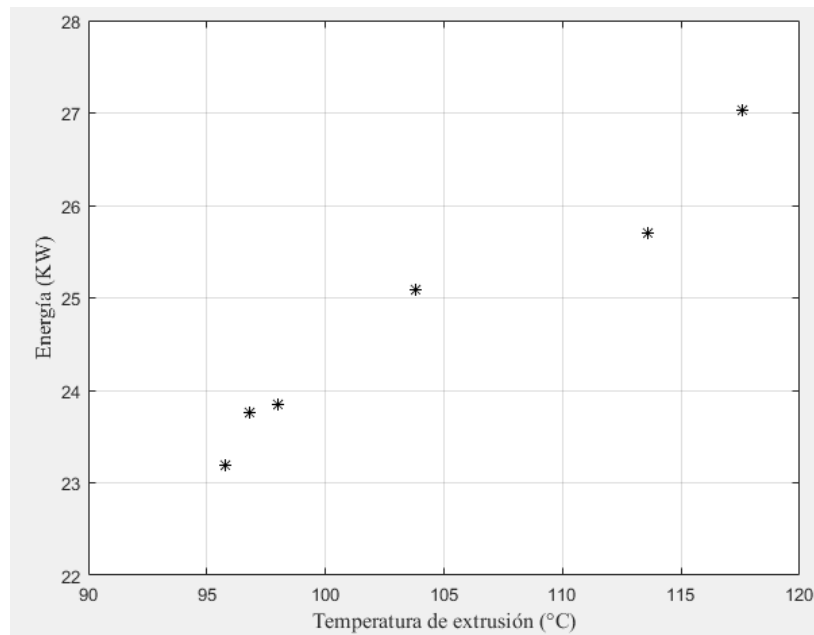


Figura 15: Energía de extrusoras vs temperatura de extrusión. AV.1

En la figura N°16 se grafica la eficiencia de extracción en función de la temperatura del acondicionador primario de la línea 2:

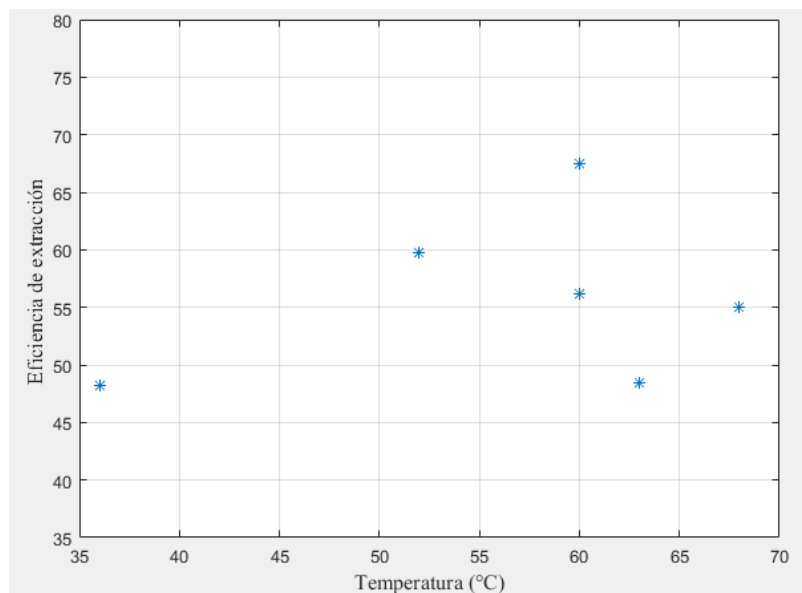


Figura 16: Eficiencia de extracción vs temperatura de acondicionador primario. AV.1

Se puede apreciar que es suficiente una temperatura de acondicionamiento de 60°C para lograr una alta eficiencia, temperaturas mayores no dan mejores resultados y se estaría invirtiendo mayor cantidad de energía que no se aprovecharía.

Finalmente, en la figura N°17 se puede observar que la temperatura de prensado que da mayor eficiencia es 107,87°C a expensas de un consumo superior de energía como se puede ver en la figura N°18:

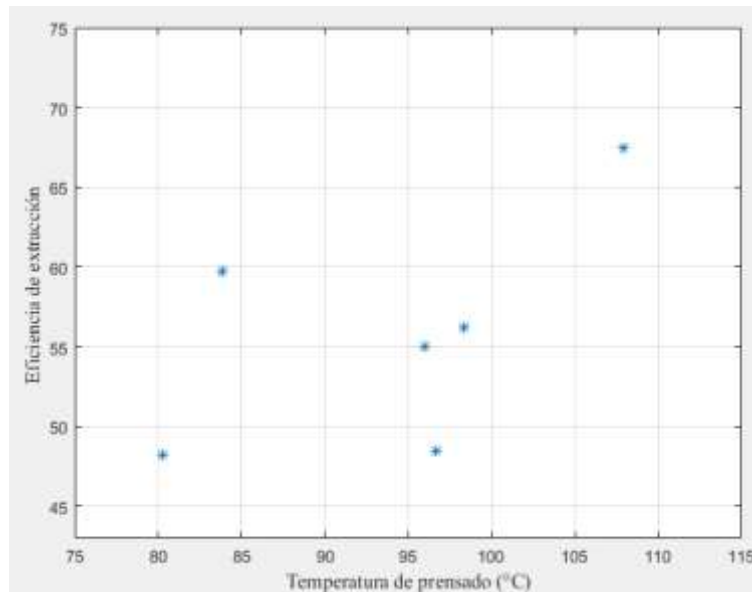


Figura 17: Eficiencia de extracción vs temperatura de prensado. AV.1

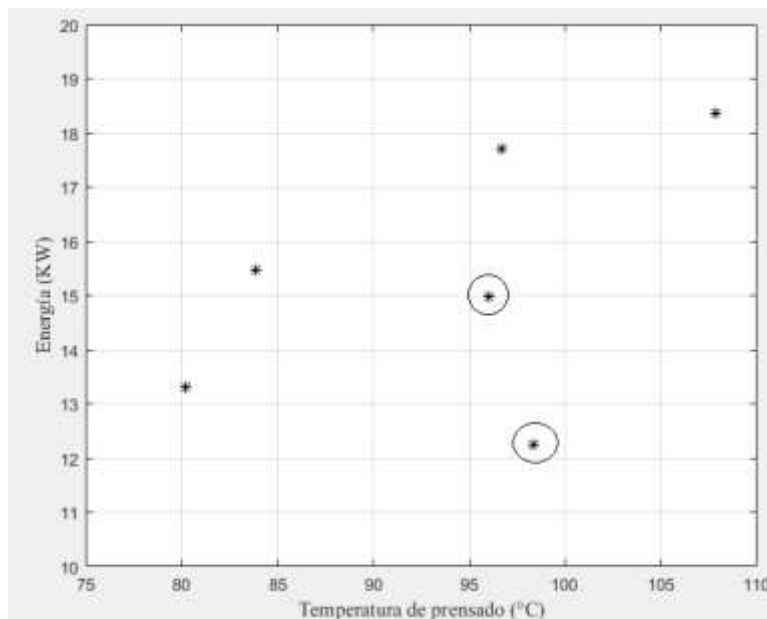


Figura 18: Energía de prensas vs temperatura de prensado. AV.1

Los dos puntos señalados en la figura N°18 no son coherentes respecto a que el consumo de energía debería ser mayor cuando la temperatura lo es, esto puede ser a causa de la inestabilidad de las variables de proceso, tales como la humedad, la temperatura o la velocidad de prensado; o también puede que la relevación de datos fue errónea.

Con estos resultados se hace evidente que la eficiencia en la extracción de aceite no depende de un solo factor en particular, sino de múltiples aspectos, desde la recepción de la materia prima hasta el acondicionamiento del poroto en el proceso, por lo que es posible su constante mejora.

Y cabe destacar que no es apropiado llegar a una conclusión definitiva al no tener suficientes puntos para el análisis, simplemente se llega a una conclusión parcial de las 6 muestras que se tomaron.

3.3.4 Relación entre temperatura y variables de calidad

Como el expeller es principalmente utilizado en alimentación animal como oferente de proteínas, sobre todo de aminoácidos esenciales, se debe tener en cuenta el parámetro de proteína soluble y proteína bruta en cada despacho.

Según la figura N°19 se observa que los valores de proteína soluble y proteína bruta, se encuentran superiores a 70% y 35% respectivamente:

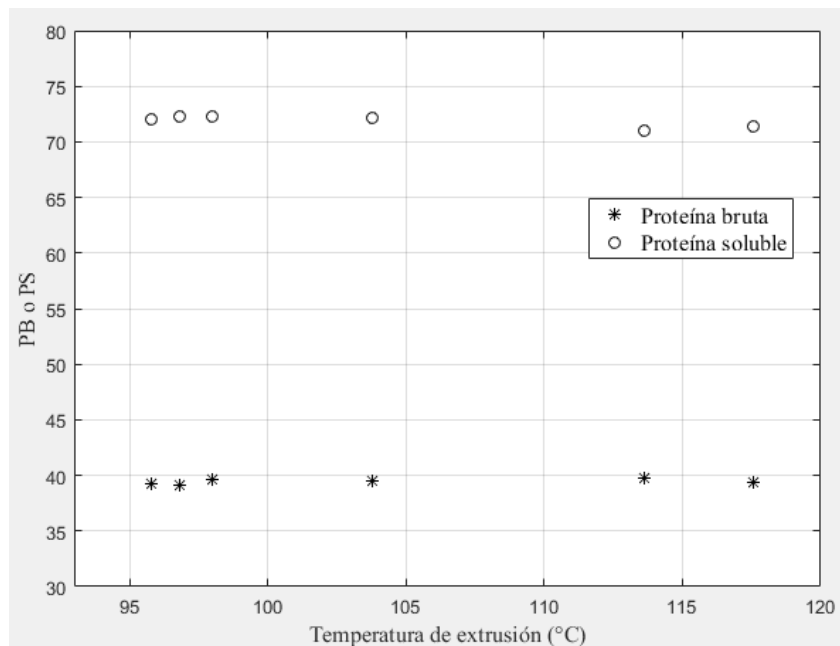


Figura 19: Porcentaje de proteína bruta y soluble en expeller vs temperatura de extrusión. AVI.1

La proteína bruta tiene relación con el cultivo de soja como tal y se correlaciona inversamente con el rendimiento. Es decir, a medida que se atrasa la fecha de siembra aumenta la proteína y disminuye el aceite. En general, los grupos de madurez más largos tienen mayor contenido de proteína y menor contenido de aceite que los grupos más cortos. Por reglamentación (SAGPyA, 1999) los valores de proteína bruta deben ser mayores a 39% y se puede observar en la figura N°19 que se cumple con este parámetro.

En cuanto a la proteína soluble, esta se relaciona con el efecto de la temperatura del material extrusado. Según bibliografía, si este tipo de proteína tiene valores por debajo de 70-75% indica que el material sufrió un excesivo calentamiento, destruyendo aminoácidos y una porción considerable de sus proteínas no estarán disponibles para el animal. Por el contrario, valores superiores a 80% indican que la temperatura alcanzada fue insuficiente y que existe un exceso de proteína fácilmente degradable. Además, puede estar indicando que los factores antinutricionales de la soja no fueron debidamente desactivados por el calor.

En la figura N°19 se presentan los valores de este tipo de proteína y se observa que se mantienen alrededor de 72% aproximadamente independiente de la temperatura.

3.4 Proposiciones de mejora

Considero que se debe llevar a cabo el ajuste de las curvas del equipo NIRS lo más pronto posible, ya que es la herramienta que se implementa en la empresa como control de calidad y por tal motivo debe encontrarse calibrado de manera correcta.

Además, teniendo como base las conclusiones parciales que se obtuvieron con las 6 muestras para la determinación de eficiencia y temperatura de extrusión óptima, considero que se debería continuar con la toma de muestras para poder tomar una decisión más certera con la recopilación de mayor cantidad de datos.

De manera general, durante el transcurso de la práctica se observaron algunos aspectos a mejorar, tales como la comunicación entre las áreas de trabajo, especialmente el área comercial con el área industrial.

Además considero conveniente implementar un sistema de manejo integrado de plagas y evaluar el destino de la borra (subproducto de prensado), la cual se podría reutilizar como algún producto de mayor valor agregado.

4. CONCLUSIONES

En cuanto al objetivo específico principal, se relevó satisfactoriamente la variable temperatura en la línea 2 relacionándola con la eficiencia de extracción, no siendo posible llevar a cabo el análisis para la línea 1 por falta de tiempo. Además, se tomaron una cantidad considerable de muestras para la calibración del equipo NIRS tanto de expeller como de aceite. Finalmente se pudieron relacionar las variables de calidad, específicamente la proteína soluble, con la temperatura.

Cabe destacar que durante el desarrollo de la práctica se consiguió una buena relación con el personal en general y también se logró una buena comunicación con el encargado de la planta, desempeñando un buen trabajo en equipo.

Además, se concluye que la experiencia aportó conocimientos técnicos al entrar en contacto con equipos, accesorios y encontrarse en situaciones donde se deben tomar decisiones como ingeniero.

5. BIBLIOGRAFÍA

- <http://alimentossantarosa.com.ar/> (Fecha de acceso: 14 septiembre 2019)
- http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/art_divulgacion/soja_subproductos.htm (Fecha de acceso: 14 septiembre 2019)
- Calidad de la soja procesada y del expeller producido por la industria de extrusado-prensado en Argentina- INTA. (Fecha de acceso: 14 septiembre 2019)
- <https://secadorasmega.com.ar/es/> (Fecha de acceso: 17 octubre 2019)

ANEXOS

AI. Fotografías



Figura AI.1: Uno de los dos silos de almacenamiento de soja y secadora.



Figura AI.2: Dos de los 4 tanques pulmón que alimentan a las líneas de producción.



Figura AI.3: Acondicionador primario de la línea de producción 1.



Figura AI.4: Vista parcial superior de planta. El número 1 indica el acondicionador secundario y el número 2 la segunda prensa, ambos de la línea 1 de producción.



Figura AI.5: Prensa 2 de la línea 1 de producción sin carcasa exterior.



Figura AI.6: El número 1 indica al borrero de la línea 1 y el número 2 indica al decantador.



Figura AI.7: Centrífuga de aceite.



Figura AI.8: Acondicionador secundario y prensa de la línea 2 de producción.



Figura AI.9: Dos de las cinco extrusoras de la línea 2 de producción.



Figura AI.10: Transporte sinfín de expeller hacia el galpón de almacenamiento.



Figura AI.11: Galpón de almacenamiento de expeller



Figura AI.12: Noria de carga de expeller.



Figura AI.13: Caldera.



Figura AI.14: Extractor para determinación de grasa por el método analítico.



Figura AI.15: Determinación de sedimento en muestra de aceite de soja.



Figura AI.16: Muestra de expeller con prueba de rojo fenol. La que se encuentra en el lado izquierdo está cruda y la del lado derecho está cocida.

AII. Instructivos

- Determinación de humedad:

1. Moler y tamizar una muestra de expeller, material o semilla a la cual se le quiera determinar el porcentaje de humedad que contiene.
2. Pesar el recipiente en la balanza, tarar y colocar el material tamizado dentro del recipiente, la cantidad es de 5 g sin superar los 0.005 g.
3. Una vez preparada la muestra, encender la estufa y colocar la perilla en posición de manera que llegue a los 125 °C. Colocar la muestra dentro de la estufa.
4. Dejar la muestra durante una hora dentro de la estufa. Luego retirarla, colocarle la tapa correspondiente y ubicarla en el deshumificador por un período de 10 minutos. Posteriormente pesarla sin tapa.
5. Volver a colocar la muestra en la estufa durante un período de 30 minutos y llevar a cabo el procedimiento anterior hasta que el peso de la muestra sea constante.

$$\%H \text{ en b.h.} = \frac{\text{Peso inicial del recipiente con muestra [g]} - \text{Peso final del recipiente con muestra [g]}}{\text{Peso de la muestra [g]}} * 100$$

- Determinación de contenido de grasa:

1. Moler y tamizar una muestra de expeller, material o semilla a la cual se le quiera determinar el porcentaje de grasa que contiene.
2. Realizar con el papel de filtro un cartucho (cilindro), cerrando la parte inferior con un doble y colocando dentro del mismo un poco de algodón.

3. Pesar el cartucho en la balanza y tarar.
4. Colocar el material tamizado dentro del cartucho, la cantidad es de 5 g sin superar los 0.005 g.
5. Luego de pesar la muestra, colocar un tapón de algodón y realizarle un doble al cartucho de modo de cerrarlo. La muestra está preparada para la extracción.
6. Pesar el erlenmeyer donde se va a realizar la determinación y agregar 100 ml de solvente (éter de petróleo).
7. Tomar el cartucho con muestra y colocarlo dentro de la pieza del equipo (cartucho de extracción).
8. Armar el equipo, acoplado el cartucho de extracción al sistema de condensación (en la parte superior del soporte) y en la parte inferior al erlenmeyer (el mismo va colocado sobre el calentador).
9. Abrir la válvula de sistema de enfriamiento para permitir el paso de agua.
10. Abrir la válvula del equipo, de manera que permite el descenso de condensado (solvente).
11. Encender el calentador y posicionar la perilla en 3 para un calentamiento gradual y encender la turbina de extracción de la campana.
12. Colocar la perilla en el 6.
13. Dar el tiempo necesario para que el solvente se caliente, evapore y condense.
14. Cuando en el erlenmeyer se observa que el líquido cambió gradualmente de color (transparente a opaco), se comienza la cuenta del tiempo de extracción. Para cada muestra hay un tiempo aproximado, en el caso de soja son 4 horas y en girasol una hora y media.
15. Una vez finalizado el tiempo de extracción, cerrar la válvula que permite el descenso de condensado. De esta manera se recupera parte del solvente utilizado.
16. Cuando se observa en el erlenmeyer que no hay más solvente y que el material está burbujeando, se apaga el calentador.
17. Se desarma el equipo, desechando el cartucho con la muestra. Al erlenmeyer se lo coloca en la estufa a 100 °C por un período de una hora, de manera de evaporar el solvente residual.

$$\% \text{ Materia grasa en b.h.} = \frac{\text{Peso final del erlenmeyer [g]} - \text{Peso inicial del erlenmeyer [g]}}{\text{Peso de la muestra [g]}} * 100$$

- Determinación de acidez:

1. Tomar una muestra de aceite a la cual se le quiera determinar el porcentaje de acidez que contiene.
2. Pesar el erlenmeyer en la balanza y tarar.
3. Colocar la muestra de aceite dentro del recipiente, la cantidad es de 10 g, sin superar los 0,05 g.
4. Colocar en la bureta la solución de hidróxido de sodio.
5. Colocar en otro erlenmeyer 75 ml de la mezcla de éter de petróleo-etanol y colocarle unas gotas de fenolftaleína. Agregar con la bureta, unas gotas de la solución de hidróxido de sodio, hasta que la solución cambie de color (transparente a violeta).
6. Mezclar la solución preparada con la muestra y agitar.
7. Regular el nivel de la bureta en cero.
8. Titular la muestra con la solución de hidróxido de sodio, agitando constantemente hasta que cambie de color (de amarillo a castaño).

$$\% \text{ de acidez} = \frac{\text{Volumen de NaOH utilizado [ml]} * \text{Normalidad del NaOH [N]} * \text{Peso molecular del aceite } \left[\frac{\text{g}}{\text{ml}} \right]}{\text{Peso de la muestra [g]} * 10}$$

- Determinación de sedimentos:

1. Programar la centrífuga a 1500 – 2000 rpm.
2. Colocar exactamente 100 ml de la muestra en cada uno de los tubos de la centrífuga, y se disponen diametralmente opuestos en la centrífuga. Se centrifuga durante 30 min.
3. Se lee el volumen de sedimento obtenido.
4. Se colocan nuevamente los tubos en la centrifuga, se centrifuga otros 30 min y se lee el sedimento obtenido. Esta operación se repite hasta que el volumen de sedimento en cada tubo permanezca constante durante dos lecturas consecutivas.

- Control de actividad ureásica:

1. Preparación de solución de rojo fenol:
 - 1.1 Pesar en un erlenmeyer 0.1 g de rojo fenol (indicador), disolverlo en 5 ml de NaOH 0,1 [N] y agregarle 25 ml de agua destilada. Pesar 15 g de urea

granulada y disolverla en la solución anterior. Llevar la solución obtenida a 500 ml de agua destilada.

- 1.2 Agregar, baja campana, unas gotas de ácido sulfúrico o clorhídrico hasta que cambie de color (violeta a naranja).
2. Moler, tamizar y colocar sobre una placa de petri una muestra de expeller o del material al cual se le quiera determinar el parámetro.
3. Humedecer la muestra con la solución de rojo fenol.
4. Determinar visualmente por la presencia de puntos rojos si la muestra está cruda.

AIII. Análisis a muestras de producto final y de proceso

Tabla AIII.1: Resultados de grasa y humedad en expeller de soja por NIRS y por método analítico.

Lugar de muestra	Humedad NIRS	Humedad Estufa	Grasa NIRS	Grasa Sohtlex
Expeller salida Turno 1691	8.87	8.10	7.17	7.10
Expeller salida Turno 1692	9.45	9.28	8.30	8.42
Expeller salida Turno 974	9.41	8.28	8.50	7.56
Expeller salida Turno 1697	9.04	8.20	8.19	7.92
Expeller salida Turno 1696	9.63	8.43	7.45	6.60
Expeller salida Turno 973	9.32	8.18	7.87	7.98
Expeller salida Turno 1703	9.79	9.58	8.02	8.48
Expeller salida Turno 981	10.5	10.38	8.23	8.22
Expeller salida Turno 1702	10.5	10.29	8.43	8.66
Expeller salida Turno 977	9.63	9.56	7.65	7.91
Expeller salida Turno 1700	10.43	10.20	7.87	7.96
Expeller salida Turno 980	10.5	10.30	8.15	8.04
Expeller salida Turno 1706	9.75	8.56	7.43	6.94
Expeller salida Turno 1708	10.1	8.87	7.91	7.62
Expeller salida Turno 1717	9.32	8.88	7.24	6.10
Expeller salida Turno 1715	9.93	9.52	7.56	6.77
Expeller salida Turno 991	9.39	8.92	7.29	6.04
Expeller salida Turno 990	9.97	9.42	7.72	6.65
Expeller salida Turno 1856	10.81	10.87	6.94	6.88

Tabla AIII.2: Resultados de humedad en soja por NIRS y por método analítico.

Lugar de muestra	Humedad NIRS	Humedad Estufa
Soja turno 993	8.70	8.94
Soja turno 1770	8.61	9.50
Soja turno 1585	12.50	11.01
Soja Turno 1730	11.48	11.68
Soja Turno 1584	12.10	12.59

Soja Turno 1572	14.30	12.44
Soja Turno 1577	13.00	13.24
Soja Turno 903	13.20	13.53
Soja Turno 899	13.20	11.58
Soja Turno 1551	12.80	11.54
Soja Turno 912	13.40	13.92
Soja Turno 1493	10.30	10.14
Soja Turno 865	9.40	9.40
Soja Turno 1577	13.00	13.13
Soja Turno 925	11.50	10.63
Soja Turno 1604	13.20	12.35
Soja Turno 1613	11.10	10.13
Soja Turno 1598	14.30	11.88
Soja Turno 1606	11.50	11.55
Soja Turno 895	12.80	12.63
Soja Turno 1588	10.70	10.86
Soja Turno 897	13.70	13.11
Soja Turno 1635	12.70	12.42
Soja Turno 932	7.80	7.00
Soja Turno 868	12.50	12.60
Soja Turno 1496	11.60	11.45

Tabla AIII.3: Resultados de grasa y humedad en muestras de proceso por NIRS y por método analítico.

Lugar de muestra	Humedad NIRS	Humedad Estufa	Grasa NIRS	Grasa Sohtlex
Galpón	8.87	7.66	7.19	6.92
Galpón	7.09	6.74	7.21	7.26
Galpón	7.7	6.05	7.51	7.5
Galpón	9.56	10.04	7.38	7.00
Galpón (8:15)	7.07	9.49	9.54	6.68
Galpón (14:45)	9.48	9.14	8.83	8.86
Galpón TT	6.24	6.46	6.44	5.83
Galpón	12.34	12.87	8.19	6.88
Galpón	9.69	10.5	6.6	6.72
Galpón (7:20)	8.98	9.11	6.42	5.98
Galpón (8:30)	9.81	9.36	7.01	6.50
Galpón	11.66	10.82	7.19	-
Galpón	11.66	10.92	7.19	-
Galpón	10.62	9.7	-	-
Galpón	7.06	7.04	-	-
Galpón	8.16	8.04	-	-
Galpón	10.41	10.58	-	-
Galpón	10.37	10.62	-	-

Galpón	8.96	9.74	-	-
Galpón (9:30)	8.82	8.84	6.75	-
Galpón (10:05)	14.4	15.03	8.17	-
Galpón (10:45)	13	13.37	-	-
Galpón (14:30)	9.83	9.44	6.98	-
Galpón conjunta TN	10.7	10.84	6.95	7.31
Galpón	11.74	11.38	7.01	6.04
Galpón conjunta TN	8.81	8.62	-	-
Galpón (12:00)	7.18	6.26	-	-
Galpón (8:10)	9.71	8.94	6.88	-
Galpón (10:00)	11.4	10.69	7.8	6.32
Salida prensa 2	2.64	3.82	8.12	-
Salida prensa 2	4.17	4.08	7.81	7.32
Salida prensa 2	2.41	2.78	8.39	8.24
Salida prensa 2	2.42	2.96	6.1	7.12
Salida prensa 2	4.78	4.56	7.84	7.18
Salida prensa 2	4.66	5.56	8.2	8.19
Salida prensa 2	3.8	4.40	6.46	6.93
Salida prensa 3	7.81	6.22	10.21	-
Salida prensa 3	4.73	4.48	6.81	5.70
Salida prensa 3	5.86	4.56	6.95	5.32
Salida prensa 3	2.35	3.00	6.95	6.58
Salida prensa 3	5.33	5.08	6.64	6.81
Salida prensa 3	5.03	5.12	6.23	5.78
Salida prensa 3	5.08	4.48	6.32	5.38
Salida prensa 3	4.99	4.54	6.19	5.60
Salida prensa 3	4.78	4.84	5.35	5.98
Salida prensa 3	3.91	4.18	6.14	6.36
Salida prensa 4	7.96	6.22	9.03	-
Salida prensa 4	4.34	4.30	7.18	6.24
Salida prensa 4	6.48	5.02	8.06	6.58
Salida prensa 4	3.18	3.80	7.14	6.56
Salida prensa 4	5.65	5.1	7.25	7.53
Salida prensa 4	5.28	4.34	6.91	6.28
Salida prensa 4	6.4	4.36	4.78	5.44
Salida prensa 4	2.7	3.08	5.89	4.86
Salida prensa 4	4.27	4.64	5.53	6.80
Salida prensa 4	2.99	3.66	6.15	6.42
Salida prensa 5	5.27	4.46	7.48	-
Salida prensa 5	4.04	3.88	7.02	6.60
Salida prensa 5	4.53	3.68	7.49	6.32

Salida prensa 5	2.48	2.70	7.52	8.26
Salida prensa 5	5.23	5.1	6.92	6.56
Salida prensa 5	4.8	5.62	7.03	6.30
Salida prensa 5	4.18	3.80	7.5	6.27
Salida prensa 5	4.22	4.22	7.21	6.43
Salida prensa 5	4.5	4.48	5.91	6.70
Salida prensa 5	2.93	3.54	5.95	6.34

Tabla AIII.4: Parámetros de salida de aceite crudo desgomado.

Turno	Fósforo(ppm)	Acidez
1353	225.1	0.37
1358	238.2	0.25
1381	231.4	0.29
814	220	0.31
1421	220.1	0.37
1536	236.1	0.27
1549	217.4	0.25
900	234	0.27
1564	232.3	0.47
914	223.6	0.43
1775	209.6	0.34
1789	219.2	0.43
1807	204.4	0.59
1818	204.4	0.59
1826	204.4	0.59

AIV. Ajuste de curvas del equipo NIRS

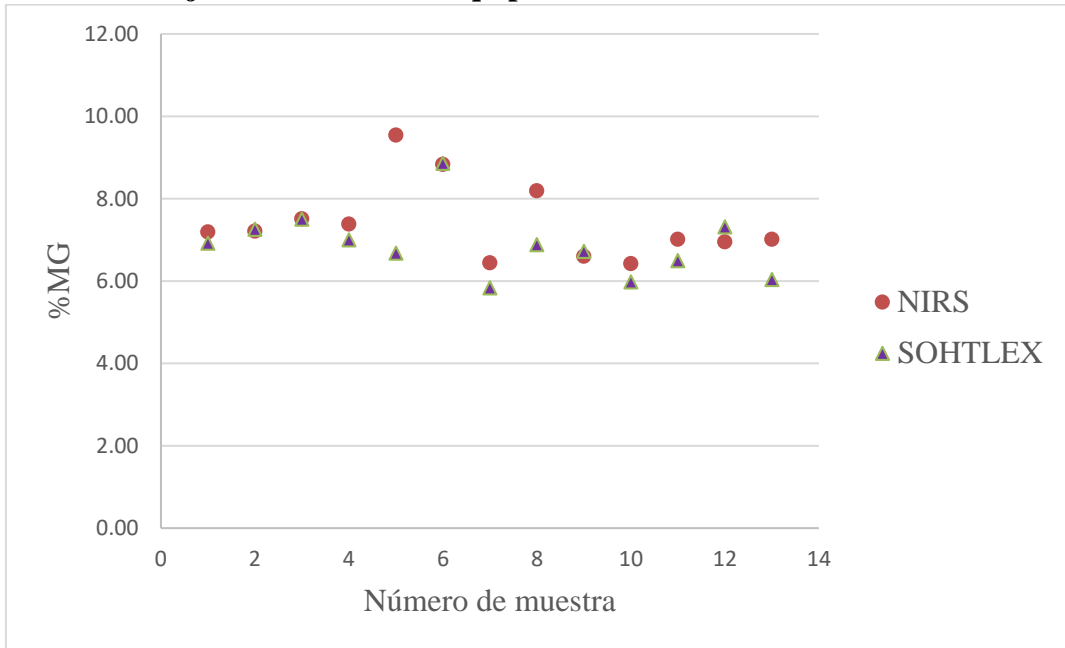


Figura AIV.1: Comparación de porcentaje de materia grasa entre NIRS y método analítico de muestra de galpón.

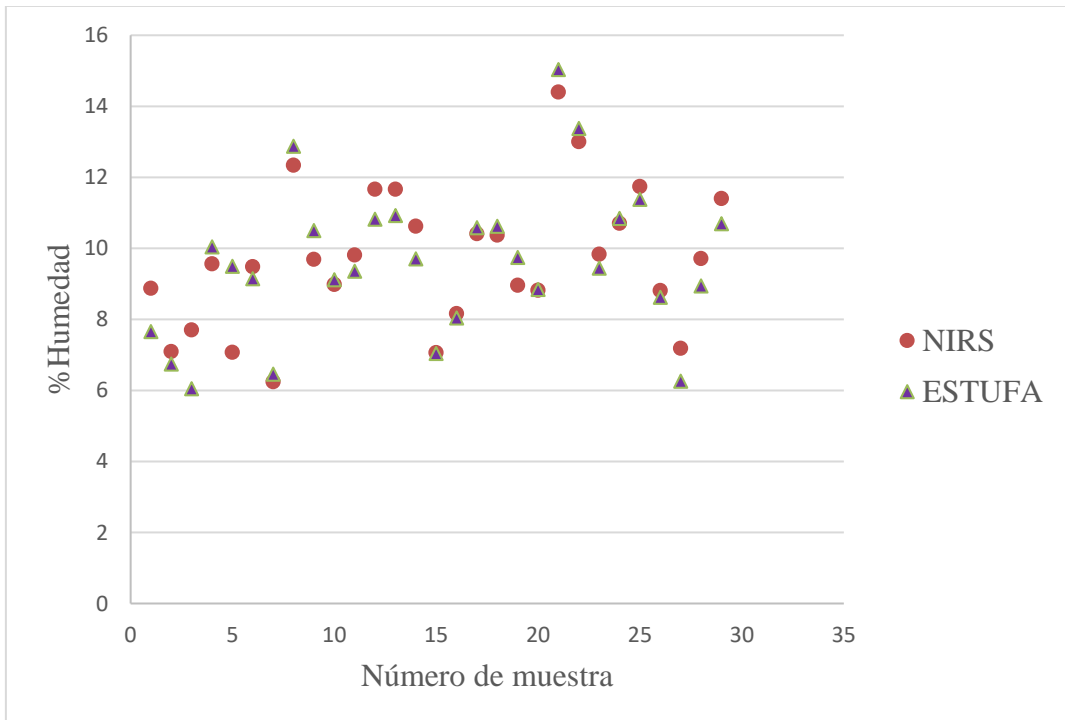


Figura AIV.2: Comparación de porcentaje de humedad entre NIRS y método analítico de muestra de galpón.

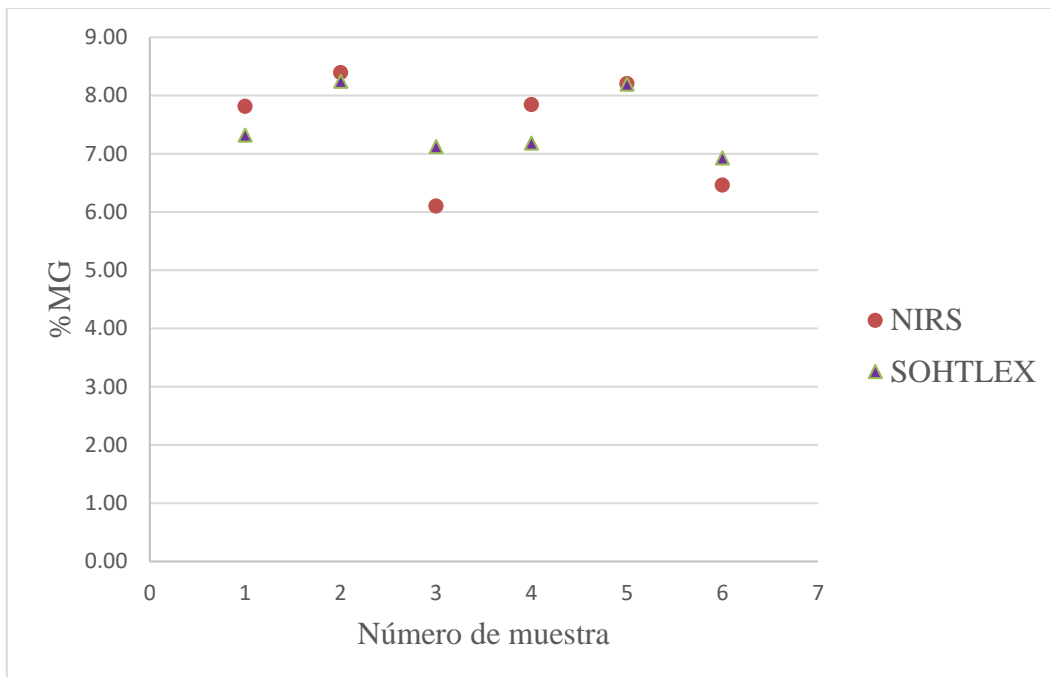


Figura AIV.3: Comparación de porcentaje de materia grasa entre NIRS y método analítico de prensa 2.

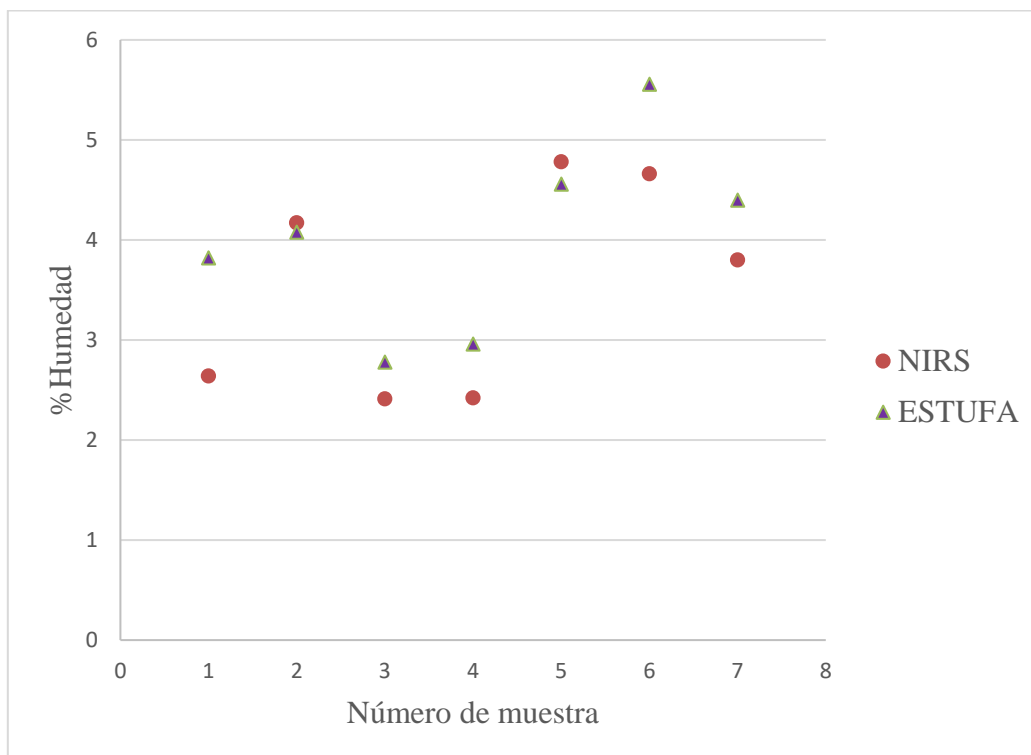


Figura AIV.4: Comparación de porcentaje de humedad entre NIRS y método analítico de prensa 2.

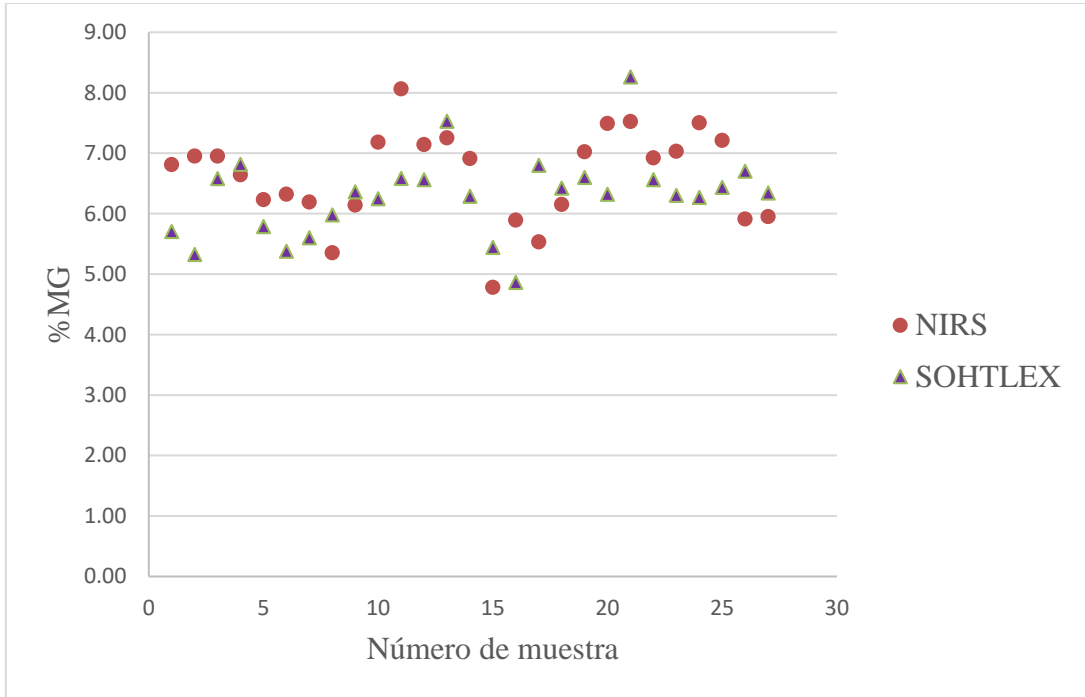


Figura AIV.5: Comparación de porcentaje de materia grasa entre NIRS y método analítico de prensas 3, 4, 5.

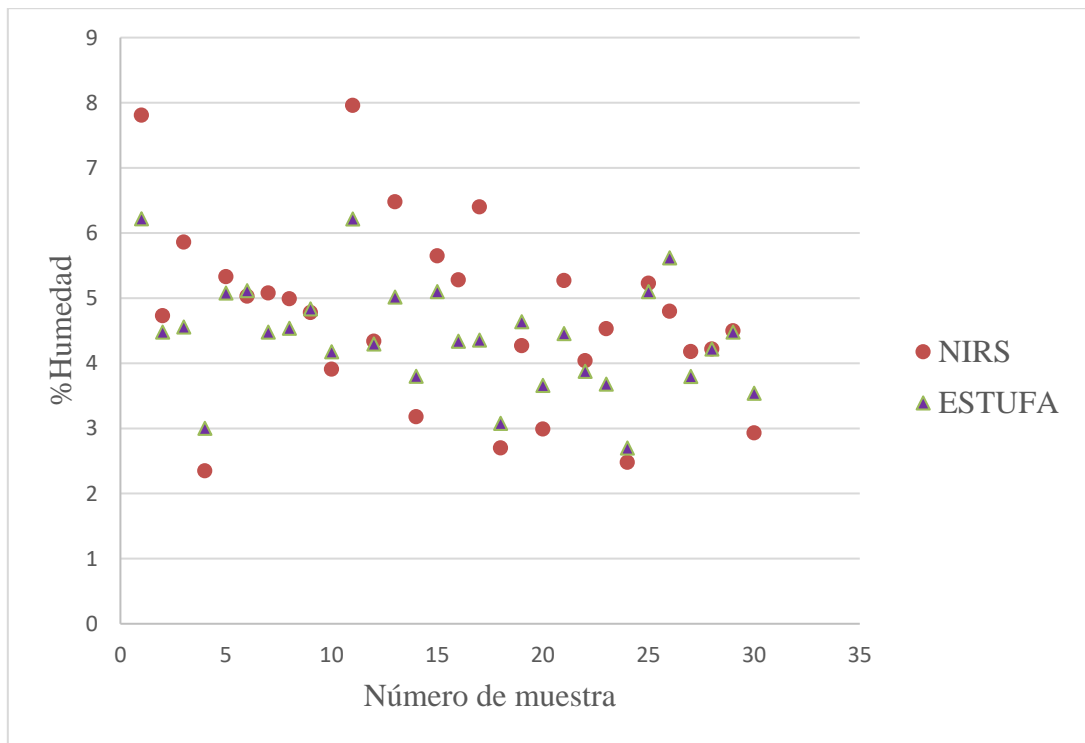


Figura AIV.6: Comparación de porcentaje de humedad entre NIRS y método analítico de prensas 3, 4, 5.

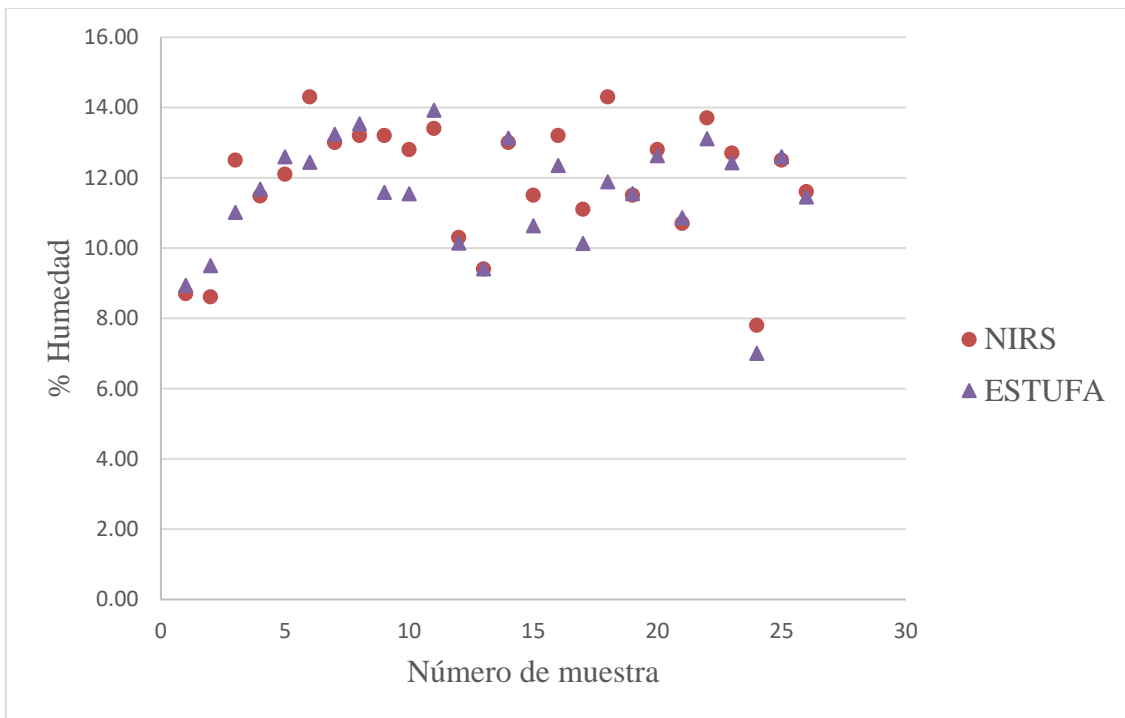


Figura AIV.7: Comparación de porcentaje de humedad entre NIRS y método analítico de soja.

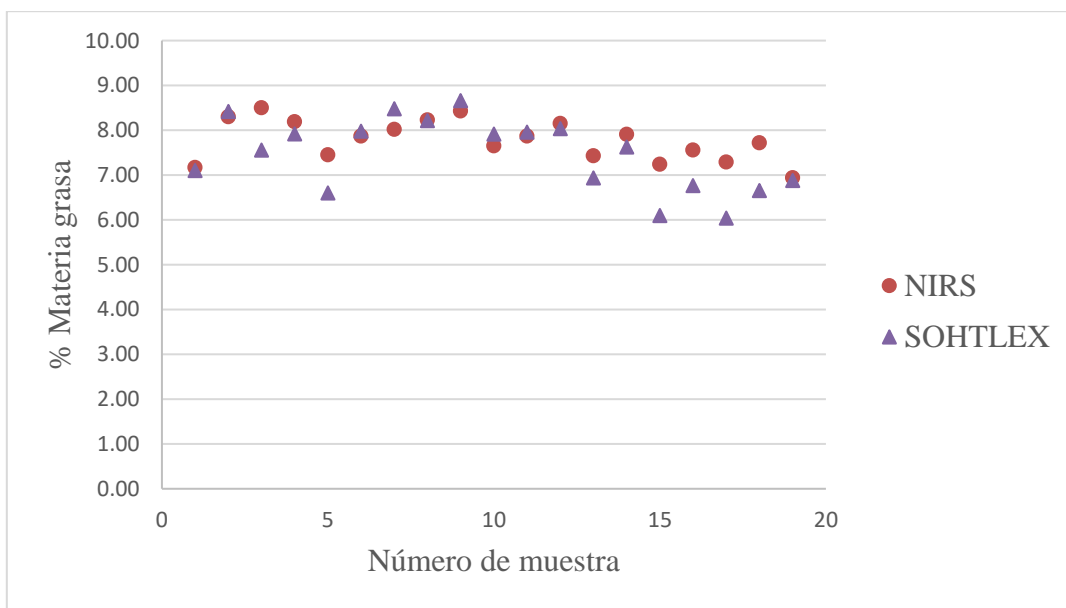


Figura AIV.8: Comparación de porcentaje de materia grasa entre NIRS y método analítico de expeller de soja.

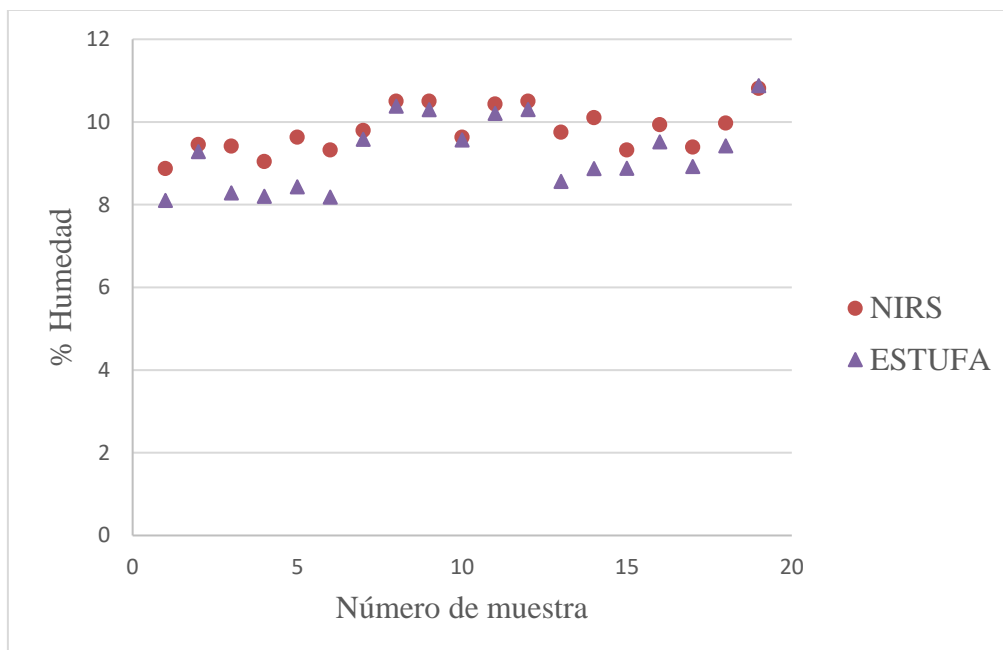


Figura AIV.9: Comparación de porcentaje de humedad entre NIRS y método analítico de expeller de soja.

AV. Eficiencia y funcionamiento óptimo de la línea de extrusado

Tabla AV.1: Datos para eficiencia de línea de extrusado.

Etapa de proceso	%H b.h	%MG
Soja entrada	9.77	12.51
Salida prensa 3	3.89	6.17
Salida prensa 4	4.03	6.71
Salida prensa 5	4.51	6.46
Promedio salida prensas	4.14	6.45
Temperatura de acondicionamiento primario (°C)	63	
Consumo promedio de extrusoras (A)	116.8	
Energía promedio de extrusoras (KW)	25.70	
Temperatura promedio de extrusoras (°C)	113.6	
Consumo promedio de prensas (A)	80.47	
Energía promedio de prensas (KW)	17.70	
Temperatura promedio de prensas (°C)	96.67	
EFICIENCIA (BS)	51.49	
EFICIENCIA (BH)	48.47	
Soja entrada	11.3	16.54

Salida prensa 3	5.1	7.38
Salida prensa 4	4.43	7.69
Salida prensa 5	4.78	7.26
Promedio salida prensas	4.77	7.44
Temperatura de acondicionamiento primario (°C)	68	
Consumo promedio de extrusoras (A)	105.42	
Energía promedio de extrusoras (KW)	23.19	
Temperatura promedio de extrusoras	95.8	
Consumo promedio de prensas (A)	68.1	
Energía promedio de prensas (KW)	14.98	
Temperatura promedio de prensas (°C)	96	
EFICIENCIA (BS)	58.08	
EFICIENCIA (BH)	55.00	
Soja entrada	10.02	17.68
Salida prensa 3	6.17	7.75
Salida prensa 4	4.37	8.01
Salida prensa 5	4.31	7.49
Promedio salida prensas	4.95	7.75
Temperatura de acondicionamiento primario (°C)	60	
Consumo promedio de extrusoras (A)	108.40	
Energía promedio de extrusoras (KW)	23.85	
Temperatura promedio de extrusoras	98	
Consumo promedio de prensas (A)	55.67	
Energía promedio de prensas (KW)	12.25	
Temperatura promedio de prensas (°C)	98.33	
EFICIENCIA (BS)	58.50	
EFICIENCIA (BH)	56.17	
Soja entrada	12.555	17.19
Salida prensa 3	4.05	6.92

Salida prensa 4	3.58	7.31
Salida prensa 5	3.27	6.54
Promedio salida prensas	3.63	6.92
Temperatura de acondicionamiento primario (°C)	52	
Consumo promedio de extrusoras (A)	107.98	
Energía promedio de extrusoras (KW)	23.76	
Temperatura promedio de extrusoras	96.8	
Consumo promedio de prensas (A)	70.33	
Energía promedio de prensas (KW)	15.47	
Temperatura promedio de prensas (°C)	83.87	
EFICIENCIA (BS)	63.45	
EFICIENCIA (BH)	59.72	
Soja entrada	11.95	17.20
Salida prensa 3	6.22	10.21
Salida prensa 4	6.22	9.03
Salida prensa 5	4.46	7.48
Promedio salida prensas	5.63	8.91
Temperatura de acondicionamiento primario (°C)	36	
Consumo promedio de extrusoras (A)	114.04	
Energía promedio de extrusoras (KW)	25.09	
Temperatura promedio de extrusoras	103.8	
Consumo promedio de prensas (A)	60.43	
Energía promedio de prensas (KW)	13.30	
Temperatura promedio de prensas (°C)	82.27	
EFICIENCIA (BS)	51.67	
EFICIENCIA (BH)	48.21	
Soja entrada	10.28	17.49
Salida prensa 3	3.68	5.38
Salida prensa 4	4.12	5.44

Salida prensa 5	3.62	6.27
Promedio salida prensas	3.80	5.70
Temperatura de acondicionamiento primario (°C)	60	
Consumo promedio de extrusoras (A)	122.88	
Energía promedio de extrusoras (KW)	27.03	
Temperatura promedio de extrusoras	117.56	
Consumo promedio de prensas (A)	83.43	
Energía promedio de prensas (KW)	18.36	
Temperatura promedio de prensas (°C)	107.87	
EFICIENCIA (BS)	69.64	
EFICIENCIA (BH)	67.44	

AVI. Relación entre temperatura y variables de calidad

Tabla AVI.1: Porcentaje de proteínas en expeller y temperatura promedio de extrusión.

PROTEÍNA BRUTA (%)	PROTEÍNA SOLUBLE (%)	TEMPERATURA PROMEDIO(°C)
39.78	71.02	113.6
39.24	72.06	95.8
39.64	72.22	98
39.12	72.34	96.8
39.51	72.14	103.8
39.32	71.44	117.56