

INTRODUCCION

Antecedentes

La presente tesis es un trabajo de investigación que tiene como propósito, buscar alternativas en el proceso de elaboración de alimento balanceado. Este proyecto está enfocado a cubrir una necesidad evidente de cultura ambiental en temas de aprovechamiento de los residuos orgánicos sólidos.

De acuerdo al Reglamento (CE) N° 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, del 28 de enero de 2002, las materias primas empleadas para la fabricación de alimentos son principalmente de origen vegetal, utilizándose en mayor proporción cereales (fundamentalmente maíz, cebada y trigo) seguidos en importancia por materias primas proteaginosas y oleaginosas, principalmente soja.

Existen países que proponen el uso de los residuos orgánicos sólidos para la producción de alimento balanceado, tal es el caso de Perú, donde los residuos orgánicos sólidos, específicamente los residuos de alimentos, sean procesados o vegetales o frutas, se han utilizado y se utilizan actualmente como alimento para el ganado porcino. Esta práctica es muy común en muchos países, aunque en los países desarrollados, en la mayoría de los casos, este tipo de residuos está dispuesto en rellenos sanitarios o botaderos. (Bartolo, P. R. 2014). P

El alimento balanceado en Bolivia, se ha venido produciendo desde hace ya bastante tiempo empleando diferentes procesos tecnológicos y materias primas (maíz, cebada, avena, harina de alfalfa, trigo, harina de soya, harina de sangre, etc.).

Según la empresa Alltech, (2015), la producción nacional de alimento balanceado en 2015 ascendió a 1,86 millones de toneladas, ocupando el lugar 55 a nivel mundial. De acuerdo al estudio de mercado realizado por ProChile, (2011), en Bolivia, la producción de alimentos para animales es realizada en un 75 % por un grupo de compañías que venden a terceros, las cuáles se denominan empresas de marca comercial; el 25 % restante lo aportan los mezcladores que corresponden a personas

que fabrican los concentrados para alimentar a sus animales, como los avicultores de engorde, postura y los porcicultores. (citado por Flores, J. 2016).

Según datos de SENASAG, (2016), se registraron 24 proveedores bolivianos de alimentos balanceados, núcleos y pre mezclas que se encuentran autorizados para ser comercializados en el territorio nacional siendo del departamento de Tarija; Faba (Agroindustrias Lochmann S.A.), Alimentos Balanceados, Producción y Distribución y Alimentos Balanceados del Chaco. (citado por Flores, J. 2016).

Dentro de la oferta en el mercado boliviano, se suman los productos importados. En 2015, se registraron en INE un total de 10,5 toneladas que incluyeron pre mezclas y alimentos destinados a la alimentación de animales. Entre los países que envían productos a Bolivia se encuentran Uruguay, Reino Unido, Perú, Paraguay, México, Holanda, Francia, Estados Unidos, España, Ecuador, Dinamarca, Corea del Sur, Colombia, China, Chile, Bulgaria, Bélgica, Alemania y Argentina.

Considerando la oferta final de productos alimenticios para animales, Brasil es el mayor exportador de productos finales o pre mezclas, seguido por Argentina y en el caso de residuos de molienda y salvados, Argentina lidera las exportaciones a Bolivia. (Flores, J. 2016). Según las noticias publicadas en medios bolivianos, hay un volumen importante de la oferta que no se encuentra registrada, ya que se realiza de manera ilegal e ingresa al país de contrabando. (Flores, J. 2016).

La demanda está definida por la cantidad de producción pecuaria que se registra en el país y en el departamento. En 2015, según el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (2016) y Censo Agropecuario (2013) del Instituto Nacional de Estadística, se registraron en Bolivia 268 064 218 cabezas de ganado de los cuales 2 997 506 son de ganado porcino. (citado por Flores, J. 2016).

En el año 2021, se registraron en el departamento de Tarija 4 670 045 cabezas de ganado de los cuáles 346 058 son de ganado porcino. (Sistema Integrado de Información Productiva (SIIP); Sistema de Información Territorial de Apoyo a la Producción (SITAP), 2020). En base a los datos mencionados en el párrafo anterior se

proyecta que a nivel nacional para el 2025 se alcanzaría una producción de 4 162 740 cabezas de ganado porcino.

La producción nacional de alimentos para animales no ha sido suficiente para cubrir la demanda, lo que se puede explicar por la existencia de pequeñas plantas mezcladoras a nivel de finca, cuya producción no es registrada en los datos oficiales como producción comercial.

Dada las condiciones de la producción nacional de alimentos, existen casos como los de la producción avícola y porcina que pretenden aumentar su demanda de productos importados mediante la intervención de las asociaciones que los agrupan. (Flores, J. 2016).

En cuanto a los residuos sólidos, en el año 2021, Rodríguez, A.N. realizó un curso sobre la situación actual de la generación de los residuos sólidos, donde señala que Bolivia genera 7 166 toneladas de basura al día y que, en nuestro país, más del 55 % de la basura es orgánica. Lo que significa, que se tiene una abundante cantidad de residuos orgánicos sólidos, por lo que la producción de alimento balanceado en base a estos residuos es una forma interesante y factible de aprovechar y reciclar, pues la forma en la que se viene tratando en la actualidad genera problemas ambientales ya que los residuos no tratados se descomponen de forma rápida, generando gases, malos olores y promoviendo la aparición de vectores patógenos, suponiendo un riesgo ambiental.

Los residuos orgánicos, generalmente se utilizan para la elaboración de compostaje por diversas técnicas que permite evitar la contaminación y la reducción de los residuos que van al relleno sanitario, vertederos y otras formas de disposición poco adecuadas, sin embargo, la recuperación de dichos residuos sigue siendo demasiado bajo.

El departamento de Tarija como antecedente general, está ubicado al sur de Bolivia, limitando al norte con el departamento de Chuquisaca, al oeste con el departamento de Potosí y al este con las repúblicas de Argentina y el Paraguay, con una extensión territorial de 37 623 km² y cuenta con una proyección de 601 214 habitantes.

(Wikipedia, 2022). Por otra parte, el alcalde de Tarija Johnny Torres Terzo, indicó que el departamento se encuentra con un porcentaje alto a nivel nacional, produciendo aproximadamente 250 toneladas de basura al día, de la cual, el 70 % corresponde a residuos orgánicos que pueden provenir de comida u otros, un 20 % son plásticos y un 10 % que son metales y vidrios. (el Periódico, 2021).

La Entidad Municipal de Aseo Tarija (EMAT), asegura que el sector gremial es el que más residuos deja a la ciudad, es por esta razón que para el proyecto de investigación se utiliza como materia prima los residuos de alimentos, sean procesados, vegetales o frutas del Mercado Central de la ciudad de Tarija.

Según el documento elaborado por el investigador Julio Álvarez la historia del Mercado Central de Tarija, se inicia a partir del año 1843 durante la administración del prefecto José Rodríguez Magariños, quien instruyó la construcción de una “recova” como un espacio para la comercialización de la producción agrícola y consumo de la población. (El País, 2022).

Actualmente, el Mercado Central de la ciudad de Tarija cuenta con una superficie de 1 200 m², su nueva infraestructura fue inaugurada el 5 de enero del 2018, con sus tres pisos, escaleras eléctricas, dos ascensores panorámicos y parqueo, cuenta con más de 400 puestos perfilándose de esta manera ya no como un punto histórico de la ciudad, sino como un moderno centro comercial donde se puede comer la mejor comida típica del sur del país. (La Voz de Tarija, 2018).

En el año 2021, en la entrevista realizada al Ingeniero Colque, G. se pudo constatar que actualmente en el Mercado Central se tiene una generación total diaria de residuos sólidos de aproximadamente 3 toneladas/día, del cual entre el 70 % a 80 % corresponde a la generación de residuos orgánicos más que nada verduras, frutas y comidas.

El incremento de habitantes en la ciudad de Tarija se encuentra ligado a que mientras más comensales asistan al mercado, mayores serán las cantidades generadas de residuos orgánicos sólidos.

OBJETIVOS

Objetivo General

Obtener Alimento Balanceado para porcinos (nivel experimental) a partir de Residuos Orgánicos Sólidos del departamento de Tarija.

Objetivos Específicos

- Caracterizar la materia prima: Residuos Orgánicos Sólidos para la obtención de Alimento Balanceado.
- Analizar y seleccionar el Método y Proceso Tecnológico experimental de obtención de Alimento Balanceado para Porcinos a partir de Residuos Orgánicos Sólidos, en el departamento de Tarija.
- Determinar el rendimiento y/o eficiencia del Proceso Tecnológico experimental utilizado para la obtención de Alimento Balanceado para Porcinos a partir de Residuos Orgánicos Sólidos.
- Definir y caracterizar el producto Alimento Balanceado para Porcinos en el marco de estándares de producción; normas y aspectos regulatorios vigentes para el mismo.

JUSTIFICACIÓN

El proyecto de investigación, surge a raíz de la contaminación que genera la mala disposición de los residuos y del costo que genera su disposición final. El desarrollo del proyecto se justifica porque se convierte en un elemento más de la economía tarijeña, en base al aprovechamiento de los residuos orgánicos sólidos, que se tiene en el lugar y que actualmente son desechados.

En cuanto a los beneficios económicos, la producción de alimento balanceado mediante residuos orgánicos sólidos se traduciría en un ahorro de recursos pues ya no habría la necesidad de comprar materia prima para la elaboración del mismo o también el valor de estas adquisiciones sería menor, al ser complementado con el producto de la degradación de los residuos orgánicos sólidos.

La utilización de dichos residuos en la formulación de alimento balanceado, contribuirá a reducir los costos de producción, además, la disponibilidad de insumos hará favorable el desarrollo del proyecto, logrando así, un producto más económico y natural.

Un componente decisivo y transversal en la gestión de aprovechamiento de residuos orgánicos, corresponde a la educación ambiental mediante instrumentos de comunicación y participación ciudadana. La presente investigación ofrece a la población una oportunidad de participar en una actividad de protección ambiental y permite visualizar la responsabilidad individual sobre el manejo de los residuos.

De acuerdo a Rodríguez, A.N. (2021), una información alarmante en Bolivia es que aproximadamente solo el 8 % de los residuos son aprovechados. Respecto al total de residuos orgánicos generados en el país, se aprovecha solo el 1,6 %, lo cual muestra la necesidad de impulsar políticas y proyectos relacionados con la gestión de los residuos orgánicos. (Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA); Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB); Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos (DGGIRS), 2012).

Por este motivo, el presente estudio busca el tratamiento y aprovechamiento de los residuos orgánicos sólidos generados, con el fin de convertirlos en un producto con valor nutritivo para la alimentación de porcinos. Así mismo, contribuirá al sector ganadero dedicado a la cría de porcinos ya que permite un ahorro de tiempo en preparación y facilidad de manejo al alimentar a los animales.

La tecnología a emplearse es a nivel de laboratorio, pero puede ser reproducida a gran escala industrial, para así dar paso al desarrollo productivo del alimento balanceado y contribuir en un futuro a la disminución de la contaminación en el departamento de Tarija.

CAPITULO I
MARCO TEÓRICO

1.1 BASES TEÓRICAS: EL ALIMENTO BALANCEADO

El Reglamento Técnico Centroamericano, (2011), define el alimento balanceado como la mezcla de ingredientes, aditivos o pre mezclas que se utiliza para suministrarse directamente a los animales con el propósito de llenar adecuadamente los requerimientos nutricionales, según la especie y función, según su etapa y desarrollo se acondicionan formulas precisas para cada especie animal, con el propósito final de obtener como resultado una producción con un alto valor nutricional.

Desde el punto de vista de Gutiérrez, A. (2013), se puede definir como toda sustancia natural o sintética que contenga uno o varios de los principios que la química a catalogado como hidratos de carbono, grasas, proteínas, vitaminas y sales orgánicas.

El alimento balanceado nutre, repara el desgaste, da energía y calor al organismo, sin perjudicarlo ni provocarle pérdida de su actividad funcional, además de esta razón estrictamente física y de supervivencia de cualquier especie, existe una razón psicológica que también está presente a la hora de una alimentación balanceada, ya que normalmente la comida proveerá una sensación de gratificación y satisfacción una vez ingerida. (Gutiérrez, A. 2013).

1.1.1. Clasificación del alimento balanceado

Fischer, E. (2020), menciona que, de acuerdo al origen, podemos clasificar a los alimentos en tres grandes grupos:

- ✓ Vegetal: verduras, hortalizas, frutas, cereales, etc.
- ✓ Animal: carnes blancas y rojas, lácteos, huevos, grasas animales, etc.
- ✓ Mineral: Sales minerales (calcio, potasio, magnesio, etc.) y agua.

Cada uno de estos alimentos que mencionamos le proporcionan al organismo sustancias que son esenciales y vitales para su desarrollo y funcionamiento. El alimento balanceado para animales representa la mejor opción a la hora de cubrir todas sus necesidades nutricionales.

Llaguno, D. y Masabamda, V. (2008), explican que de acuerdo a su composición se conocen tres tipos de alimentos (citado por Chachapoya, D.L. 2014):

- ✓ Purificados: Se preparan con aminoácidos sintéticos, ácidos grasos, carbohidratos de composición conocida, vitaminas y minerales químicamente puros; son costosos y se emplea con fines investigativos.
- ✓ Semi-purificados: Contienen ingredientes naturales en forma más pura. Se utiliza para determinar la eficiencia de los componentes alimenticios en términos de conversión alimenticia, ganancia de peso y talla.
- ✓ Prácticos: Su elaboración se basa en alimentos asequibles y disponibles en ese momento. El objetivo de esta preparación, es satisfacer las necesidades nutricionales a un costo mínimo.

Según la NORDOM 90, (2018), por la forma de preparación del producto, se clasifican en:

- ✓ Alimento balanceado en polvo o harina.
- ✓ Alimento balanceado en comprimidos (pellets).
- ✓ Alimento balanceado granulado.
- ✓ Alimentos líquidos.

Conforme a la NORDOM 90, (2018), de acuerdo a sus usos, los alimentos para animales se clasifican en:

- ✓ Alimentos balanceados para gallinas
- ✓ Alimentos balanceados para pavos
- ✓ Alimentos balanceados para patos
- ✓ Alimentos balanceados para porcinos
- ✓ Alimentos balanceados para bovinos
- ✓ Alimentos balanceados para ovinos
- ✓ Alimentos balanceados para equinos
- ✓ Alimentos balanceados para caprinos
- ✓ Alimentos para conejos
- ✓ Alimentos balanceados para otras especies (perros, gatos).

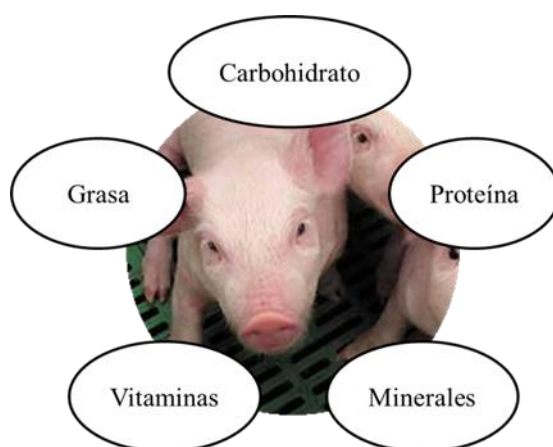
La misma norma, indica que, por la presencia de medicamentos:

- ✓ Alimentos balanceados no medicados (Pueden contener cantidades profilácticas de sustancias medicinales).
- ✓ Alimentos balanceados medicados (Los que contienen cantidades terapéuticas de sustancia medicinales).

1.1.2 Componentes del alimento balanceado

La Figura 1-1, muestra la composición nutricional de los alimentos balanceados.

Figura 1-1 Composición del alimento balanceado



Fuente: (Elaboración propia, 2022)

Para Maynard y Ávila, (1988), todos los animales requieren de ciertos constituyentes nutricionales básicos para poder vivir, crecer y reproducirse, en los cuales se incluyen: Proteínas, grasas, carbohidratos, minerales, vitaminas y agua. (citado por Cárdenas, K.X. 2008).

1.1.2.1 Carbohidratos

Los carbohidratos son azúcares, almidones y fibras de la dieta. Los azúcares simples son las moléculas más pequeñas de azúcar que son de fácil digestión y absorción. En contraste, los carbohidratos complejos, o almidones, son combinaciones de azúcares

simples que forman largas cadenas que requieren más digestión antes de poder ser absorbidas en el torrente sanguíneo. Las fibras de la dieta son carbohidratos que no son completamente digeribles. Básicamente, los carbohidratos son suministrados a la dieta por los cereales y los azúcares simples, como la glucosa, sacarosa y lactosa. (AllExtruded, 2015).

Los carbohidratos se descomponen por las enzimas digestivas como la amilasa y finalmente se convierten en monosacáridos como la glucosa, absorbiéndose de esta forma en el intestino delgado. La glucosa se utiliza para brindar energía a las células. (Instituto Nacional Tecnológico (INATEC), 2016).

Según Marcot, (2003), nos dice que la energía en la dieta del cerdo lo proporciona la grasa y los carbohidratos, cuyo exceso o disminución pueden provocar efectos negativos. Una deficiencia de energía disminuye la fertilidad y la conversión alimenticia, a la vez que retarda el crecimiento. Al contrario, un exceso de energía produce demasiada grasa en el canal de los animales de engorde. (citado por Cárdenas, K. X. 2008).

Cuando los animales consumen dietas que contienen más carbohidratos que los que son necesarios, la energía de los carbohidratos en exceso se almacena en forma de glucógeno en el hígado y los músculos y se convierte en grasa y se almacena en los tejidos adiposos. (AllExtruded, 2015).

El autor Marcot, indica que los carbohidratos deben fluctuar entre 50 % y 65 %. El consumo de fibra en los animales en confinamiento no debe ser mayor del 6 %, a pesar de que los cerdos en pastoreo pueden comer hasta el 10 %. (citado por Cárdenas, K. X. 2008).

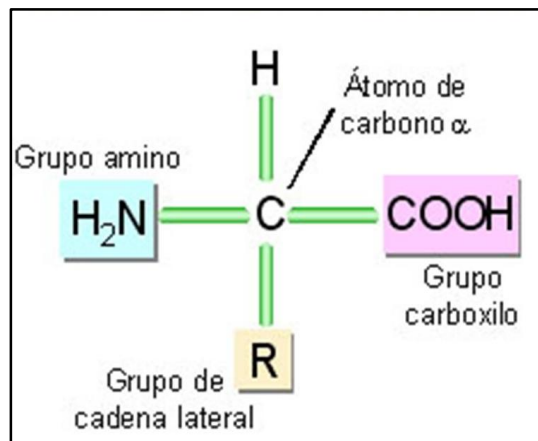
1.1.2.2 Proteínas

De acuerdo con Vázquez, M. y García, P. P. (2005), las proteínas son uno de los componentes vitales del organismo. Lo mismo que los hidratos de carbono y los lípidos, se componen de carbono, hidrógeno y oxígeno, pero se diferencian por su

contenido en nitrógeno (16 %), que es lo que permite asumir distintas estructuras y con ello múltiples funciones fundamentales para el desarrollo de la vida.

El componente básico de la proteína es el aminoácido. Existe una gran variedad de aminoácidos y veinte de ellos son los que se combinan para formar péptidos, y con ello proteínas. (Vázquez, M.; García, P. P. 2005).

Figura 1-2 Estructura de un aminoácido



Fuente: (Miranda, I. 2021)

Como se observa en la Figura 1-2, los aminoácidos son moléculas orgánicas que poseen un grupo carboxilo y un grupo amino. La "R" representa la "cadena lateral", específica para cada aminoácido. En las proteínas todos los aminoácidos presentan ambos grupos unidos al mismo carbono, llamado carbono α, por lo que se denominan α-aminoácidos. (Paz, C. 2013).

La unión entre dos aminoácidos se realiza mediante un enlace (–CO–NH–) al que llamamos peptídico. Cuando se unen menos de diez forman oligopéptidos y a las cadenas que contienen mayor número se las denomina polipéptidos. (Vázquez, M.; García, P. P. 2005).

En la calidad de una proteína alimenticia, se deben considerar dos factores: su contenido en aminoácidos indispensables y su digestibilidad. El valor biológico de una proteína depende de la composición de aminoácidos y de las proporciones entre ellos

y es máximo cuando estas proporciones son las necesarias para satisfacer las demandas de nitrógeno para el crecimiento, la síntesis, y reparación tisular. (Suárez, M. M.; Kizlansky, A.; López, L. B. 2006).

En los animales monogástricos la proteína bruta, por la acción de enzimas proteolíticas como pepsina o proteasa, se descompone en péptidos y aminoácidos de bajo peso molecular y se absorbe en el intestino delgado. Los aminoácidos absorbidos son transportados a los tejidos del cuerpo y las proteínas se sintetizan en las células de cada tejido, y estas proteínas constituyen músculos. Las proteínas sintetizadas se actualizan constantemente, el exceso de aminoácidos y proteínas descompuestas se transforman en amoníaco, extracto libre de nitrógeno y ácido úrico sintetizado del amoníaco y este se excreta a través de la orina. (Instituto Nacional Tecnológico (INATEC), 2016).

Marcot, (2003), señala que los productos más ricos en proteínas son los de origen animal, le siguen las pastas oleaginosas, granos y leguminosas. En general, el porcentaje de proteína de la ración disminuye con el aumento de peso, pero al ingerir más alimento, crece el consumo de proteína. También señala que, el porcentaje de proteínas en las primeras seis semanas de vida es de 22 % a 24 % después disminuye gradualmente hasta el 18 %, cuando el animal tiene unos 25 kg. peso vivo; el porcentaje de proteínas de la ración debe ser el 16 % para la etapa de crecimiento, y de 12 % a 14 % en la etapa de engorde o finalización. (citado por Cárdenas, K. X. 2008).

En general, los alimentos ricos en proteínas son más costosos que los que tienen alta proporción de hidratos de carbono y grasas, por lo cual se tiende a suministrar muy pocas proteínas. Por el contrario, cuando los alimentos proteicos son muy baratos, como algunos subproductos, se les puede suministrar en cantidades considerables sin ningún daño, siempre y cuando la ración sea balanceada en otros aspectos.

1.1.2.3 Grasas

Hamilton, C. R. (2005), expresa que las grasas mejoran la gustosidad (palatabilidad), la eficiencia alimenticia, la eficiencia reproductiva y la digestibilidad de ciertos alimentos proteínicos, así como alivia el estrés por calor.

La grasa es una sustancia que se disuelve en un diluyente orgánico, pero es insoluble en agua y es el nutriente que tiene 2,25 veces más energía que las proteínas y carbohidratos. Los excesos de carbohidratos se transforman en grasas. La energía no consumida en el cuerpo se almacena en forma de grasa visceral y subcutánea. La grasa juega un papel importante en la absorción de vitaminas solubles en grasa. (Instituto Nacional Tecnológico (INATEC), 2016).

Tanto las grasas de origen animal como las de origen vegetal, pueden emplearse casi con igual eficiencia para la producción de energía. Grummer, R. R. (1992) publicó una amplia revisión de las especificaciones de las grasas y su valor nutritivo para animales rumiantes y no rumiantes.

En los animales monogástricos los lípidos se descomponen en ácidos grasos y glicerol por la lipasa secretada por la vesícula biliar y se absorben en el intestino delgado. Los ácidos grasos y glicerol absorbidos, se sintetizan en triglicéridos en la pared del intestino delgado, se transportan por la sangre a las partes del cuerpo y se utiliza como energía. El exceso de triglicéridos se sintetiza en la grasa corporal. (Instituto Nacional Tecnológico (INATEC), 2016).

Chiba, et. al. (1985, 1987), demostraron que un 2,5 % y 5 % de grasa animal añadida a dietas porcinas reduce el polvo suspendido en el aire en un 81,6 % y 79,4 %, respectivamente. El polvo del alimento actúa como un vehículo de organismos patógenos. Tiene también efectos directos contrarios como irritante en el tracto respiratorio de cerdos y humanos. Las grasas añadidas también funcionan como lubricante para reducir el desgaste del equipo de mezclado de alimentos y reduce la separación de partículas para mejorar la uniformidad de la mezcla. (citado por Hamilton, C. R. 2005).

1.1.2.4 Las vitaminas y minerales

Las vitaminas son sustancias importantes que tienen participación en el metabolismo del organismo, son un componente de coenzimas y enzimas que no pueden ser sintetizadas por el propio organismo, exceptuando las vitaminas del complejo B, que

sí son sintetizadas por los microorganismos del rumiante. Las vitaminas según su grado de solubilidad se clasifican en: vitaminas hidrosolubles (complejo B y vitamina C) y liposolubles (vitamina A, D, E, K). Las liposolubles tienen la particularidad de absorberse en conjunto con las grasas y las vitaminas hidrosolubles se disuelven en agua y suelen liberarse fácilmente con la orina, es por eso que siempre deben suministrarse. (Instituto Nacional Tecnológico (INATEC), 2016).

Bundy, (1992) señala que en la nutrición porcina son esenciales todas las vitaminas, principalmente la vitamina A, C, E, K y el complejo B12. (citado por Bartolo, P. R. 2014). Según manifiesta Bartolo, P. R. (2014), en general, las funciones de las vitaminas son: proporcionar defensas contra las enfermedades, estimular el desarrollo y la reproducción, y contribuir al mantenimiento de la buena salud del animal.

Los minerales son moléculas inorgánicas básicas que se requieren para un propósito específico y que no pueden ser reemplazadas unas por otras. Los minerales se dividen en dos grupos, los principales o mayoritarios y los secundarios o vestigiales. Entre los principales tenemos la sal, calcio y fósforo, que son necesarios en mayor cantidad y es fácil encontrarlos en cantidades suficientes en la dieta, y los vestigiales, comprendidos por el hierro, cobre, manganeso, yodo, cobalto, azufre, magnesio, zinc, potasio, boro y selenio, estos son necesarios en cantidades muy pequeñas, pero esenciales para la salud del cerdo. (Bartolo, P. R. 2014).

Figura 1-3 Tipos de minerales

Macrominerales	Ca, P, K, Na ,Cl, Mg, S
Micro minerales (Minerales traza)	Co, Cu, I, Fe, Mn, Mo, Se, Zn, etc.

Fuente: (Instituto Nacional Tecnológico (INATEC), 2016)

En el cuerpo del animal se encuentra gran cantidad de minerales los cuales se agrupan en macrominerales (por que se requieren en mayor cantidad) y microminerales o

minerales traza, estos últimos los que son requeridos en menor cantidad por su efecto tóxico. (Instituto Nacional Tecnológico (INATEC), 2016).

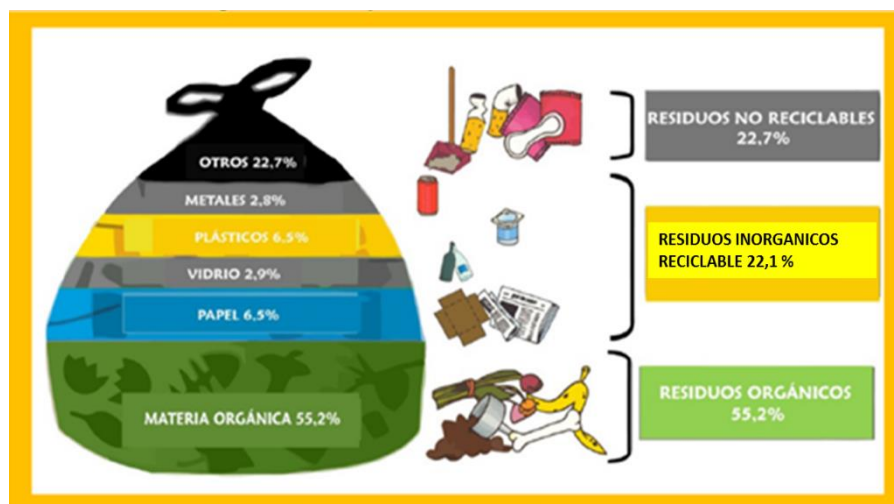
1.2 RESIDUOS SÓLIDOS

La Ley de Gestión Integral de Residuos mediante la Asamblea Legislativa Plurinacional, (2015) en su artículo 2 refiere, que todos los residuos pueden ser empleados como insumo o materia prima en procesos productivos y compostaje. Otro punto de vista es el abarcado por el Sistema Nacional de Información Ambiental, (2019), que señala que los residuos sólidos son aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente. Esta definición incluye a los residuos generados por eventos naturales. En otras palabras, residuos sólidos son todas aquellas sustancias o productos que ya no necesitamos pero que algunas veces pueden ser aprovechados.

En Bolivia 2,6 millones de toneladas de residuos son generados al año, 7.166 t/día, anualmente llega a incrementarse esta generación en un 2%. Una información alarmante es que aproximadamente solo el 8% de los residuos son aprovechados. (Rodríguez, A. N. 2021).

A nivel nacional, la producción per-cápita promedio de residuos sólidos es de 0,48 kilogramos/habitante-día. (Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), et. al. 2012).

Figura 1-4 Composición de los residuos sólidos



Fuente: (Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA); Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB); Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos (DGGIRS), 2012).

De la Figura 1-4 presentada, se concluye que, de los residuos sólidos generados, el 55,2 % es materia orgánica o biodegradable, el 22,1 % es material inorgánico y el 22,7 % se considera como material no aprovechable, por lo que se llega a tener un porcentaje más alto en la composición orgánica. (Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), et. al. 2012).

En el departamento de Tarija, el alcalde Johnny Torres Terzo indicó que el departamento se encuentra con un porcentaje alto a nivel nacional, acumulando 250 toneladas de basura al día. (elPeriódico, 2021).

Según los datos de la Entidad Municipal de Aseo Tarija actualmente cada persona produce 0,78 kilogramos, pero se estima que para el año 2028 se llegará a 1 kilo por persona. Por su parte, la experta en Ecología y Medio Ambiente del Gobierno Autónomo Municipal de Tarija, Gabriela Elena Saucedo Riveros, afirmó que el

incremento de la basura en Tarija se debe a la mala gestión de residuos sólidos y la poca educación ambiental en la población. (Soruco, M.; Ribera, F. 2020).

1.3 RESIDUOS ORGÁNICOS SÓLIDOS

En el presente proyecto de investigación, se pretende emplear como materia prima los residuos orgánicos sólidos que según el proyecto de Norma Boliviana NB 69017 se presenta la siguiente definición para el residuo orgánico “Los residuos orgánicos son todos aquellos que tienen su origen en los seres vivos, animales o vegetales. Incluye una gran diversidad de residuos que se originan naturalmente durante el “ciclo vital”, como consecuencia de las funciones fisiológicas de mantenimiento y perpetuación, o son producto de la explotación de los recursos bióticos.” (citado por Álvarez, V. 2014).

Vaca, J. L. y Sánchez, J. C. (2007), indican que específicamente los residuos orgánicos son los desechos que se degradan o se descomponen en poco tiempo, convirtiéndose en abono o fertilizante para las plantas. Este tipo de residuos son también llamados biodegradables, generalmente son de origen animal o vegetal, son aquellos que se generan todos los días al cocinar, después de comer o provienen de las plantas como hojas y ramas.

En Bolivia, más del 55 % de la basura es orgánica. Respecto al total de residuos orgánicos generados en el país, se aprovecha solo el 1,6 %. (Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), et. al. 2012).

La generación de residuos orgánicos sólidos en el departamento de Tarija, genera un grave problema de contaminación, ocasionando malos olores, ya que tales residuos contienen un alto porcentaje de humedad ocasionado su rápida descomposición y aparición de vectores portadores de enfermedades.

Según datos obtenidos en INE, Tarija se encuentra en fase de desarrollo económico y, existe un crecimiento acelerado de la población.

Tabla I-1 Residuos sólidos en la ciudad de Tarija

N°	Tipos de Residuos	Expresado en Porcentaje (%)
1	Residuos Orgánicos	70
2	Metales y vidrios	10
3	Plásticos	20
Total		100

Fuente: (el Periódico, 2021)

Como se puede observar en la Tabla I-1, del total de los residuos sólidos generados en Tarija, el 70 % corresponde a residuos orgánicos que pueden provenir de comida u otros, un 20 % son plásticos y un 10 % son metales y vidrios. El tipo de residuo con mayor porcentaje es la materia orgánica.

1.3.1 Generación de los residuos orgánicos sólidos

En el año 2015, el Ministerio de Medio Ambiente y Agua, et. al. refieren que las principales fuentes de generación de residuos orgánicos sólidos dentro de un municipio, se pueden agrupar en las siguientes:

- Residuos orgánicos domésticos separados de origen en las viviendas.
- Residuos verdes de mercados y ferias.
- Residuos verdes provenientes de podas en parques y jardines (incluyen podas de las empresas de energía eléctrica, universidades, cementerios y áreas verdes).
- Residuos de plantas de tratamiento de aguas residuales (algunos lodos, pero se requiere de cierto conocimiento y experiencia para su utilización).
- Residuos de las empresas procesadoras de alimentos de la región (incluye restaurantes).

- Residuos de las actividades agropecuarias de la región (estiércol).

1.3.2 Aprovechamiento de los Residuos Orgánicos Sólidos

El Ministerio de Medio Ambiente y Agua, et. al. (2015), mencionan mediante un programa municipal de aprovechamiento de los residuos orgánicos sólidos, que existen diferentes alternativas para el tratamiento de los residuos orgánicos. Estos se pueden agrupar en:

- Residuos orgánicos como fuente de alimento para animales.
- Residuos orgánicos como fuente energética.
- Residuos orgánicos como fuente para la generación de abonos.

La utilización de los residuos orgánicos de la actividad agropecuaria como fuente de alimento para los animales, así como la aplicación directa en el suelo de los mismos como abonos, son quizás las alternativas de reutilización de mayor data histórica. La actividad agroindustrial genera una gran cantidad y diversidad de residuos susceptibles de ser transformados en forrajes para los animales.

Algunos residuos de la industria de frutas y legumbres, cereales, láctea y azucarera pueden ser utilizados en forma directa como alimento para los animales. Muchos desechos de la industria frigorífica e industria del pescado, son la materia prima para la producción de harinas de sangre, hígado, hueso, etc.

1.3.3 Materia Prima: Residuos Orgánicos Sólidos provenientes del Mercado Central del Departamento de Tarija

Previo a la elaboración de alimento balanceado para porcinos, se debe tener en cuenta que la materia prima está disponible en el mercado y que a su vez es accesible.

Actualmente en el mercado central de la ciudad de Tarija se generan diversas cantidades de residuos orgánicos e inorgánicos, originados de los diferentes puestos de alimentos, así como en la elaboración de diferentes comidas preparadas para la población, sumándose las sobras que los mismo dejan tras terminar su respectivo consumo. Esto ocasiona que se generen grandes cantidades de residuos sólidos los cuales no tienen una reutilización conveniente ni adecuada.

En la entrevista realizada al Ingeniero Colque, G. (2021), informa que respecto al manejo que se le da a los residuos sólidos, al ser un mercado grande se tiene poco personal de limpieza, por lo que toda la basura orgánica e inorgánica, es colocada en recipientes de plástico en el área de cocina, los que luego son trasladados a un solo contenedor y es bajado al sótano para su posterior recolección por la Entidad Municipal de Aseo de Tarija (EMAT), este proceso de recojo de basura se lo realiza en dos turnos (mañana y tarde) y la persona encargada del recojo deja los depósitos vacíos en su lugar.

El ingeniero también indica que se tiene una generación total diaria de residuos sólidos de aproximadamente 3 toneladas/día, del cual entre el 70 % a 80 % corresponde a la generación de residuos orgánicos más que nada verduras, frutas y comidas.

1.4 TIPOS DE PROCESOS TECNOLÓGICOS EMPLEADOS EN LA PRODUCCIÓN DEL ALIMENTO BALANCEADO

El tipo de proceso tecnológico que se emplea para la elaboración de alimento balanceado depende del sector al cual este enfocado, cada alimento tiene una aplicación distinta para cada una de las especies. En la fabricación de alimentos para animales, se reconocen tres tipos de procesos para la obtención de productos alimenticios: molido, peletizado y extruido (Alcaíno, F.; Durán, K.; Lisham, P.; Quitral, C.; Rojas, G. 2002).

1.4.1 Molido

A grandes rasgos puede ser definido como un método físico, cuya finalidad es reducir el tamaño de la materia prima para aumentar la superficie de ataque de las enzimas digestivas. (Alcaíno, F. et. al. 2002).

Se inicia con la recepción de la materia prima, la formulación dependerá de la especie animal a la cual va dirigida y posteriormente se realiza la cuantificación de la misma.

Para el proceso de molienda existen dos tipos de molinos: el de rodillos (es el menos utilizado) y el de martillos (más usado). Para obtener una buena molienda, se debe tener la menor cantidad de estaciones en el diseño del proceso, para evitar una eventual contaminación del material. (Alcaíno, F. et. al. 2002).

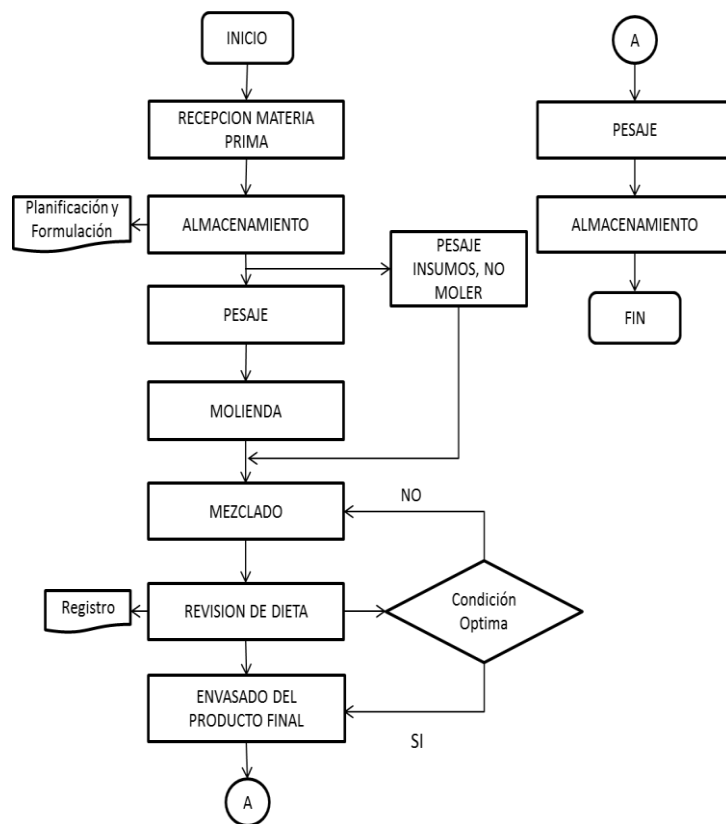
Pasado el proceso de molienda, se somete el alimento a un proceso de mezclado donde se incorpora insumos que pueden presentarse húmedos, como la melaza o secos, según la dieta a elaborar. Consiste en la mezcla de varios ingredientes molidos y su objetivo es producir un alimento lo más homogéneo en la constitución de sus ingredientes. (Alcaíno, F. et. al. 2002).

Una vez que los requerimientos nutricionales del alimento balanceado son aceptados como proceso final se tiene el envasado y pesaje del producto obtenido.

Este método tiene la ventaja de ser un proceso más sencillo en comparación a otros, económico en cuanto al costo de producción y la obtención de un producto homogéneo. (Alcaíno, F. et. al. 2002).

Este tipo de alimento puede ser destinado para el sector avícola, vacuno y porcino.

Figura 1-5 Diagrama de flujo del proceso de molido



Fuente: (Adaptado de Chachapoya, D. L. 2014)

El diagrama de flujo presentado ayuda a tener una mejor visualización del funcionamiento del proceso dado que muestra de forma esquemática todos los pasos por los que atraviesa el proceso.

1.4.2 Peletización

También llamado Comprimido, se utiliza para la obtención de alimentos completos. Antes de realizar este proceso, se debe realizar la molienda de los ingredientes, luego pasar a un mezclador y finalmente a la Peletizadora. (Alcaíno, F. et. al. 2002).

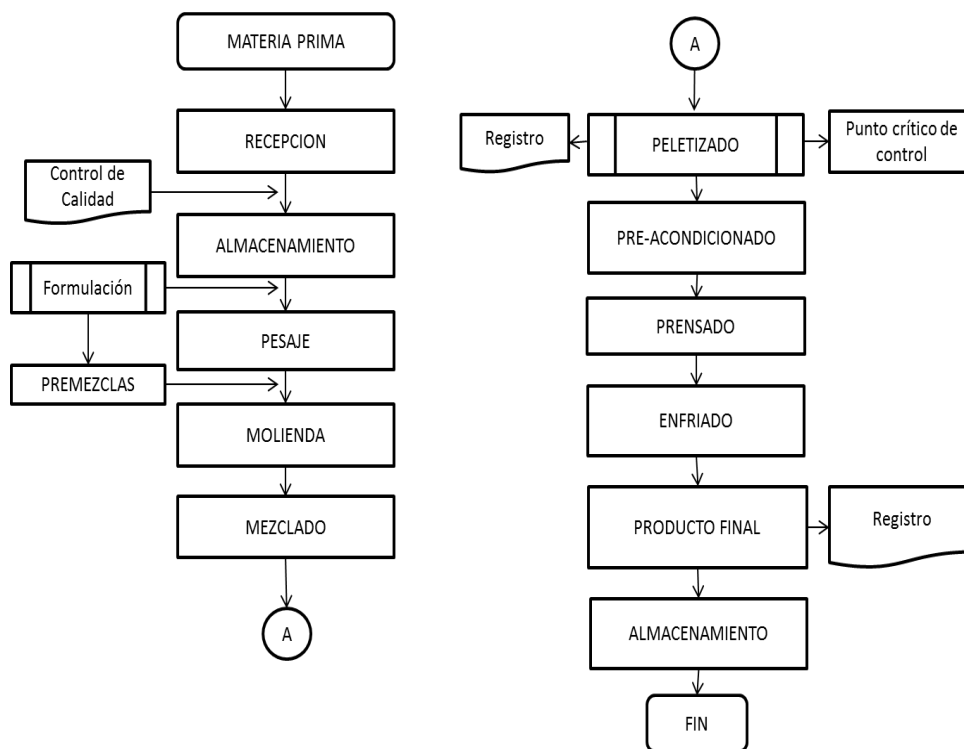
De acuerdo con Gómez, B. y Vergara, V. (1993), este proceso consiste en adicionar vapor de agua al material finamente molido y mezclado, para lograr una hidratación a temperaturas que oscilan entre los 60 °C y los 80 °C, obteniendo una harina húmeda y caliente. Con la masa caliente se forman estructuras cilíndricas (Pellets) las cuales son endurecidas por cocción en hornos rotatorios y las dimensiones del pellet varían de acuerdo al tipo de alimento que se prepare. (citado por Chachapoya, D. L. 2014).

Según Maya, S. (2016), el tamaño de pellet varía según la especie animal y es cambiado según la línea ya sea ganadería, porcicultura y avicultura, generalmente tienen diámetros aproximadamente de 0,4 cm a 1,9 cm y la longitud de 1 cm a 3 cm., los pellets salen por gravedad listos para enfriarse y recolectarse.

Este método tiene un alto costo de producción, pero tiene la ventaja de obtener un producto denso, homogéneo (evitando que el animal discrimine el alimento) y el hecho de aplicar calor en el proceso en cierto grado mejora la digestión. Para obtener un buen rendimiento y calidad de Pellet, se recomiendan recipientes de proceso pequeños que permitan llevar a cabo un mejor seguimiento en la elaboración de estos. (Alcaíno, F. et. al. 2002).

Este tipo de alimento puede ser destinado para el sector avícola, bovino, equino y porcino.

Figura 1-6 Diagrama de flujo del proceso de peletización



Fuente: (Adaptado de Bortone, E. 2007)

De igual manera para un mejor entendimiento del proceso se presenta el diagrama de flujo del proceso de peletización.

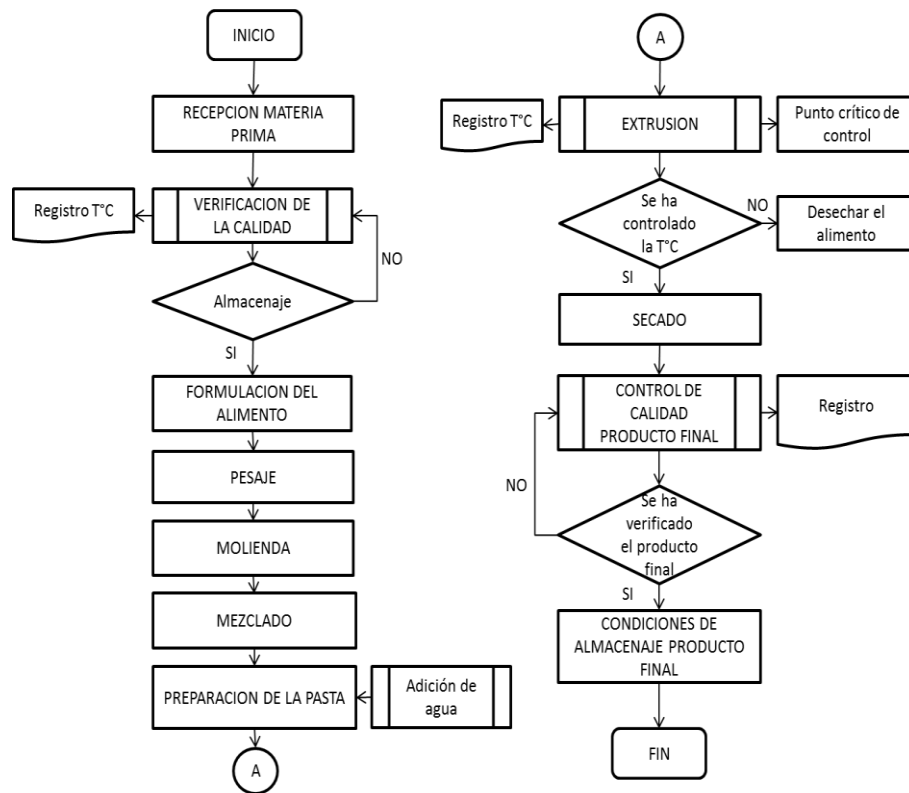
1.4.3 Extrusión

Es de tipo físico, la materia es sometida a fuerzas de presión y cizalla transformando su estructura para obtener múltiples formas. Las más comunes son las croquetas o con formas alternativas tales como huesitos, pescaditos, etc. Similar al peletizado (debe tener como primera etapa la molienda y mezclado) la mezcla es derivada a un extrusor, consistente en una larga cámara sellada de forma cilíndrica en cuyo interior corre uno o dos grandes tornillos. Se inyecta vapor húmedo (se desnaturalizan proteínas, se inactivan enzimas destructivas, se destruyen compuestos anti nutricionales, disminuye

carga microbiana) a medida que el material circula al girar el (los) tornillo(s) interno(s). También puede ejecutarse en frío (sin expansión). (Alcaíno, F. et. al. 2002).

Luego esta masa caliente es llevada a un molde (troquel) que posee la forma y tamaño deseado, creando así distintas formas de sección uniforme utilizadas en la industria alimenticia y otras. Este tipo de alimento es muy caro, pero el alimento extruido mejora la homogeneidad, densidad y digestión. (Alcaíno, F. et. al. 2002).

Figura 1-7 Diagrama de flujo del proceso de extrusión



Fuente: (Gutiérrez, A. 2013)

Este es el proceso más empleado en la elaboración de alimentos para mascotas (perros y gatos) y también para peces.

1.4.4 Análisis comparativo de tecnología

En la Tabla I-2 se describe las diferencias entre alimentos de acuerdo al tipo de preparación, tomando en cuenta los procesos más empleados en la elaboración de alimento balanceado.

Tabla I-2 Diferencias entre alimentos de acuerdo al tipo de proceso

ITEM	DESCRIPCIÓN	MOLIDO	PELETIZADO	EXTRUSIÓN
1	Procesamiento	En seco	En húmedo	Seco o Húmedo
2	Temperatura C	Ambiente	60 °C - 90 °C	70 °C - 160 °C
3	% Humedad	En seco	15 - 17 %	Hasta 30 %
4	% Adición grasa	En seco	20 %	30 %
5	Máquina	Manual	Peletizadora	Extrusora
6	Costos	Bajos	Normales	Costosos
7	Esterilidad	Nula	Buena	Excelente
8	Hundimiento		Hundibles	Hundibles o Flotantes
9	Forma del producto	Harina	Cilíndrica	Forma de matriz
10	Aglutinantes	No	Si	No
11	Digestibilidad	Normal	Buena	Excelente

Fuente: (Salazar, J. L. 2008)

Como podemos apreciar en la Tabla I-2, existen diferencias notables entre los 3 procesos de las cuales las más importantes serian que en el proceso de molido el

alimento no va cocido, mientras que en el peletizado y extrusado son alimentos de cocción, el extrusado es un alimento de alta cocción donde podemos obtener temperaturas hasta 160 °C mientras que en el peletizado podemos lograr máximo 90 °C y además que en el proceso de extrusión podemos tener una presentación donde el producto sale con una densidad mucho más baja.

1.5 FUNDAMENTO TEÓRICO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ALIMENTO BALANCEADO

1.5.1 Control de Calidad de la Materia Prima

Consiste en una evaluación física y química, mediante la toma de muestras donde se analiza impurezas, humedad y composición nutricional, lo que permite aprobar si la materia prima cumple consideraciones para almacenamiento y un óptimo rendimiento durante el proceso. Para la industria de alimentos balanceados los estándares básicos de humedad es 14 %, e impurezas 2 % pero estos pueden variar según el tipo de elemento. (Chachapoya, D. L. 2014).

1.5.1.1 Impureza

Se denomina impureza a aquellas sustancias que tienen un efecto perjudicial para la seguridad alimentaria y pueden provocar riesgos para la salud de los animales. (Tentamus, 2022). Las impurezas pueden ser extraídas de manera manual o con maquinaria. (Instituto Nacional Tecnológico (INATEC), 2016).

1.5.1.2 Humedad

Martines, E. y Lira, L. (2010), definen humedad como el peso de agua que acompaña a la unidad de peso de sólido. La mayoría de materiales sólidos están constituidos de materia seca y agua, por lo que, se puede establecer que la masa total es igual a la suma de su masa seca y de su masa de agua. (citado por Quilca, P. L. 2020).

Dezi, F. (2010), menciona que la humedad es un factor fundamental debido a que un alimento con bajo contenido de agua limita la proliferación de hongos o patógenos durante el almacenamiento, en la molienda se reduce el tiempo del proceso y minimiza

la pérdida de peso por almacenamiento prolongado. (citado por Chachapoya, D. L. 2014).

1.5.1.3 Composición Nutricional

Es la caracterización fisicoquímica de los componentes globales de los alimentos, se determina el contenido de humedad, extracto etéreo, proteína, ceniza, fibra cruda y carbohidratos. (Chachapoya, D. L. 2014).

En la elaboración de alimentos balanceados para animales, uno de los problemas más comunes para la persona que quiere formular alimentos con materias primas nuevas, es conocer la composición nutricional de las mismas para determinar el nivel mínimo o máximo de inclusión y no afectar la calidad nutritiva de la dieta (Campadaval, C. 1998). La información nutricional se puede obtener de dos formas: a partir de valores tabulados o por análisis químico de los alimentos (Shimada, 2003).

Los primeros, permiten tener una idea general de la composición del alimento, debido a que se elaboran promedios de varios análisis químicos por diferentes investigaciones realizadas en institutos técnicos o empresas privadas, mientras que los datos que se obtienen de análisis químicos son más exactos porque se conoce las propiedades nutritivas que aporta ese alimento, pero dependen de la técnica de muestreo que se realice, como desventaja de este método es su costo y el tiempo. (citado por Chachapoya, D. L. 2014).

1.5.2 Formulación

Determina la cantidad de nutrientes que contendrá la dieta cumpliendo con el requerimiento nutricional. Para realizar una fórmula nutricional se debe conocer el valor nutricional de la materia prima empleada y además los requerimientos nutricionales de la etapa o edad de la especie a la que se destina la dieta. (Dezi, F. 2010).

Los aditivos deben estar presentes para garantizar la protección contra enfermedades y evitar el deterioro temprano de la dieta entre otras acciones; por esta razón los niveles deben ser controlados para evitar deficiencias o alteraciones por toxicidad.

1.5.3 Molienda

El término reducción de tamaño se aplica a todas las formas en las que las partículas de sólidos se pueden cortar o romper en piezas más pequeñas. En los procesos industriales la reducción de tamaño de sólidos se lleva a cabo por distintos métodos y con fines diferentes. La reducción de partículas aumenta también la reactividad de los sólidos, permite la separación por métodos mecánicos de ingredientes no deseados y reduce el tamaño de un material fibroso para su más fácil tratamiento. (McCabe, W. L. 1991).

1.5.3.1 Factores que influyen en la molienda

Las características del material a procesar determinan su resistencia a la fractura y a la selección del equipo utilizado para la molienda, a manera de tener un mayor rendimiento en el proceso. Las propiedades más influyentes además del tamaño del material son:

1.5.3.1.1 Dureza

La dureza del material afecta el consumo de potencia y el desgaste de la máquina, con materiales duros y abrasivos es necesario utilizar una máquina de baja velocidad para proteger los rodamientos de los polvos abrasivos que se producen. El desgaste del equipo, además de contaminar el producto, es parte sustancial del costo de la molienda. (Salas, C. 2009).

1.5.3.1.2 Contenido de humedad

Se ha encontrado que los materiales no se molidan bien si estos contienen más de 10% de humedad; bajo estas condiciones el material tiende a formar una torta que se une en forma de bolas. Una molienda en tales condiciones interfiere en el rendimiento de la molienda, a mayor humedad menor rendimiento del molino. (Salas, C. 2009).

1.5.3.1.3 Contenido de grasas y aceites

Ciertos materiales con un alto contenido en grasas y aceites exigen trabajar a temperaturas muy bajas que transforman el producto en uno altamente frías. De no ser así el equipo no podrá funcionar por empastamiento. (Salas, C. 2009).

1.5.4 Dosificación

Una vez realizada la formulación se debe seleccionar cuidadosamente los insumos que se emplearán en el proceso, dado que, son indispensables porque además de reducir costos proveen los nutrientes necesarios para cubrir el requerimiento nutricional. (Chachapoya, D. L. 2014).

Todos los ingredientes que constituirán la dieta se inspeccionan antes del ingreso al proceso de producción, teniendo en cuenta factores físicos y químicos a controlar como: color, olor, humedad, textura, uniformidad, peso, composición química, presencia de impurezas y contaminantes. (Sapag; Sapag, 2008).

Previo a la elaboración de dietas se debe considerar que los insumos estén disponibles en el mercado y que a su vez sean económicamente accesibles.

1.5.4.1 Insumos en la obtención del alimento balanceado

En la obtención de alimento balanceado se puede emplear diversos insumos, en la Tabla I-3 se muestran algunos de ellos.

Tabla I-3 Insumos utilizados para la producción de alimentos balanceados

Insumos	
Harina de soja	Almidón de mandioca
Poroto de soja	Almidón de maíz
Harina de algodón	Polvillo de arroz

Insumos	
Harina de pescado	Melaza de caña
Maíz	Cebada
Harina de sorgo	Avena
Harina de maní	Harina de gluten de
Harina de trigo	maíz
Afrecho de arroz	Torta de soya
Afrecho de trigo	Soya integral

Fuente: (Hidalgo, V. 2013)

Las principales características que se miden para los ingredientes tanto para la compra o venta son la humedad, las impurezas y la composición nutricional. (Chachapoya, D. L. 2014).

1.5.5 Mezclado

Es una de las operaciones más importantes en el proceso de fabricación de alimentos, cuyo objetivo es producir una mezcla uniforme de ingredientes que asegure que los animales que consumen este alimento reciban las cantidades correctas de cada nutriente con respecto al requerimiento nutricional. (Chachapoya, D. L. 2014).

Como expresa López, D. (2009), es una mezcla, o agregación de sustancias sin interacción química entre ellas. Las propiedades de la mezcla varían según su composición y pueden depender del método o la manera de preparación de las mismas. Los componentes individuales en una “mezcla heterogénea” están físicamente separados y pueden observarse como tales. En una mezcla homogénea el aspecto y la composición son uniformes en todas las partes de la misma. (citado por Chachapoya, D. L. 2014).

El mezclado se utiliza frecuentemente para:

- Combinar ingredientes.
- Obtener determinadas propiedades funcionales.
- Conseguir determinadas características organolépticas.

Los ingredientes que conforman un alimento balanceado deben colocarse en la mezcladora en el siguiente orden:

- Ingredientes mayores (granos, pastas).
- Ingredientes menores (minerales, vitaminas o premezclas)
- Aditivos (antibióticos, promotores, etc.)
- Líquidos (grasas, Melazas, etc.)

La mezcla de los varios ingredientes empieza cuando las partículas de un ingrediente se mueven, permitiendo que las partículas de otro ocupen sus lugares.

1.5.5.1 Factores que influyen en el mezclado

En el proceso de mezclado se debe tomar en consideración los siguientes factores:

1.5.5.1.1 Propiedades físicas de los ingredientes

Cada ingrediente, posee propiedades físicas que afectan su capacidad para ser mezclado con otros ingredientes, entre estas podemos mencionar (Cahill, J.; Azuga, M.; Saba, J. 2002, como se citó en Chachapoya, D. L. 2014):

- a. Tamaño de partícula: Las partículas grandes y pequeñas no se mezclan bien; se puede lograr un mejor mezclado cuando el tamaño de partículas es similar.
- b. Densidad: Las partículas de alta densidad, como los minerales, tienden a segregarse en el fondo de la mezcladora.
- c. Forma de las partículas: Las partículas con forma de esfera son difíciles de mezclar porque rodarán unas sobre las otras. Si las formas de las partículas son diferentes también tenderán a la segregación.

- d. Higroscopicidad: La higroscopicidad, que es la tendencia de los ingredientes de absorber agua, también puede causar problemas en el mezclado.
- e. Adhesividad: Esto es causa de segregación debido a que algunos de estos ingredientes pueden quedarse pegados a las paredes de las tolvas o de la mezcladora sin dispersarse en la mezcla.
- f. Cargas electrostáticas: Otros ingredientes pueden cargarse con electricidad estática durante el mezclado.

La falta de uniformidad causa efectos negativos en el rendimiento de los animales, porque vitaminas, minerales, aminoácidos, etc., no están presentes en las cantidades que requieren para la alimentación diaria. (Chachapoya, D. L. 2014).

1.5.5.1.2 Tiempo de mezcla

En el proceso de mezclado el tiempo de mezcla se estableció para garantizar la distribución homogénea de los nutrientes. Es de vital importancia para lograr un aprovechamiento óptimo de la misma, que la mezcla esté correctamente homogenizada con el objetivo de lograr que sus nutrientes sean asimilados y aprovechados al máximo, tanto por animales rumiantes como por monogástricos para de esta forma hacer de la mezcla un alimento de máximo rendimiento. (Chachapoya, D. L. 2014).

Castillo, A.; Melo, O.; Boetto, C. (1996), sostienen que esto se determina mediante la toma de varias muestras en un determinado tiempo. El tiempo de mezclado está determinado en principio por el fabricante de la mezcladora y verificado por los controles de homogeneidad. (citado por Chachapoya, D. L. 2014).

En una dieta completa la homogenización no es sólo deseable, sino necesaria, para maximizar la utilización de nutrientes.

1.5.5.1.3 Equipo

Los mezcladores utilizados para la preparación de alimentos balanceados deben ser validados para cumplir con los estándares de homogenización, cuando se instalan, se reparan o por lo menos una vez al año, o tan frecuentemente como sea necesario, para asegurar que su funcionamiento sea apropiado, utilizando protocolos de prueba

aceptables (Irigoyen, 2010). La homogenización del alimento puede ser afectada por las siguientes condiciones en el mezclador (Chachapoya, D. L. 2014):

- Desgaste o daño en las paletas.
- Acumulación de alimento en paletas del mezclador.
- Demasiada adición de líquidos.
- Malas prácticas en la adición de los ingredientes.

1.5.5.2 Tipos de Mezcladora

Para elaborar una mezcla se pueden utilizar los siguientes equipos; mezcladora horizontal, vertical o continuo.

- a. Mezcladora horizontal: Esta mezcladora está equipada con listones espirales o paletas que conducen el material de un extremo al otro mientras se está depositando en la máquina. Tienen la ventaja de que su desgaste es relativamente lento, en comparación con las mezcladoras verticales, otra ventaja, es la agregación del 8 - 10 % de líquidos como grasas o melaza. (Irigoyen, 2010).
- b. Mezcladora vertical: Son las más usadas en instalaciones de pequeñas y mediana producción, tienen un bajo costo inicial, son económicas a nivel de mantenimiento y de operación, pueden ser instaladas en una superficie relativamente pequeña. El tiempo de mezclado está dentro de un rango de 10 a 16 min. (Zinn, 2002).
- c. Mezcladora continua: Permite agregar un alto porcentaje de líquidos previamente calentados, en una mezcla base o adicionar vapor como proceso de acondicionamiento al peletizado. Este equipo cuenta con uno o dos ejes con paletas que pueden regularse su ángulo, produciendo movimientos hacia delante, hacia atrás o en un ángulo neutro y junto con las “RPM” de la mezcladora, determinan el tiempo de residencia de la mezcla de ingredientes en la mezcladora. Se ha comprobado que este tipo de mezcladoras puede trabajar con gran eficiencia en un tiempo por debajo de 1 min. (Irigoyen, 2010).

1.5.6 Secado

El secado es un proceso de conservación de alimentos más antiguos y conocidos por el hombre cuyo objetivo principal es reducir el contenido de humedad, con lo cual se reduce la actividad enzimática y la capacidad de los microorganismos para desarrollarse sobre el alimento. (UNESCO, 2005, como se citó en Céspedes, P. 2021).

Otro concepto establecido por Miralbés, C. (2019), señala que el secado es la separación parcial o total del líquido que le acompaña, por medios térmicos. El secado difiere de la evaporación ya que, en esta, el líquido se elimina por ebullición, mientras que aquí el líquido es arrastrado por el aire en forma de vapor, a temperatura generalmente inferior a la ebullición. Las mezclas tratadas a ebullición suelen contener más líquido que sólido, mientras que en el secado sucede lo contrario. (citado por Céspedes, P. 2021).

1.5.6.1 Factores que influyen en el secado

Dalpasquale, V. A., Marques, D. A., Sinicio, R. y Oliveira, D. (1991), por medio de la FAO, dan a conocer que los factores que influyen en el proceso de secado no son independientes, es decir, que influyen en el secado como un conjunto de factores y no aisladamente.

1.5.6.1.1 Temperatura de Secado

La temperatura es un factor de consideración muy importante en el proceso de secado, cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre la fuente de calor y el alimento, mayor será la velocidad de transferencia de calor, esta diferencia es la causa de la eliminación de la humedad.

Un aumento de temperatura de secado significa un menor tiempo de operación y una mayor tasa de secado, sin embargo, las temperaturas de secado más elevadas pueden causar daños térmicos más acentuados. La temperatura de secado, determina la cantidad de agua evaporada en un secador. (Dalpasquale, V. A. et. al. 1991).

1.5.6.1.2 Tiempo de Secado

Como se mencionó en el punto anterior, las temperaturas de secado elevadas tienen la ventaja de requerir menor cantidad de tiempo en el proceso. Sin embargo, los alimentos mantienen componentes que son muy sensibles a la temperatura por lo que, estos pueden verse dañados reduciendo su valor nutricional, razón por la cual es preferible realizar el proceso de secado de alimentos a temperaturas bajas durante tiempos más largos.

1.5.6.1.3 Superficie de Contacto

Moreno, D. (2016), señala que el material a deshidratar generalmente se subdivide en pequeñas piezas o capas delgadas a fin de acelerar la transmisión de calor y la transferencia de masa. Esto debido a dos razones (citado por Céspedes, P. 2021):

- Una mayor superficie proporciona mayor contacto con el medio de calentamiento y por consiguiente mayor eficiencia de secado.
- Las partículas más pequeñas o capas más delgadas reducen la distancia que el calor tiene que recorrer hasta el centro del material y reducen la distancia que la humedad en el centro del material tiene que recorrer a fin de llegar a la superficie y salir o escapar.

1.5.6.1.4 Humedad Inicial del Producto

El contenido de humedad inicial también influye en la tasa de secado. Cuanto más elevado sea el contenido de humedad de un producto, mayor será la cantidad de agua evaporada por unidad de energía. Con elevados contenidos de humedad, las fuerzas de adsorción de la estructura celular del material sobre las moléculas de agua, son menores que cuando el contenido de humedad del producto es más bajo. (Dalpasquale, V. A. et. al. 1991).

1.6 TEORÍAS SOBRE EL EMPLEO DE RESIDUOS ORGÁNICOS SÓLIDOS PARA LA OBTENCIÓN DE ALIMENTO BALANCEADO PARA ESPECIE PORCINA

Una de las alternativas para la solución del mal uso de los residuos orgánicos sólidos, fue propuesta por un grupo de investigadores del Instituto de Biología (IB) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), dirigido por Julieta Ramos Elorduy quienes elaboraron alimento balanceado a partir de restos de desechos orgánicos. (La Jornada, 2012).

Esto se debe a que los alimentos orgánicos son alimentos naturales que no han sido creados con materiales sintéticos. Los alimentos orgánicos no están hechos con productos químicos, a diferencia de muchos alimentos balanceados tradicionales.

Según Granja, M. et. al. (2005), se ha evaluado y experimentado con éxito la utilización de residuos orgánicos sólidos en la alimentación animal (Granja, M. et. al. 2005), principalmente en animales monogástricos (Kim, Y. I. et. al. 2011), siempre y cuando, se ajuste a sistemas de reciclaje que disminuyan su descomposición (Bragachini, M. et. al. 2013; Manterola, H. y Cerda, D. 2014; Preston y Murgueitio, 1992) para obtener una materia prima rica en energía, proteína y vitaminas. (Kim, Y. I. et. al. 2011). Xiaofeng, Z. y Jinan, X. (2010), mencionan que en China es conocido como ECO-FEED, utilizado con éxito en gallinas ponedoras y cerdos de crecimiento y finalización. (citado por Ramírez, V. M.; Peñuela L. M.; Pérez, M. 2017).

En la alimentación de cerdos una alternativa económica para los porcicultores es el aprovechamiento de subproductos de la industria de comidas, que son alimentos húmedos de bajo costo.

Cualquier producto que contenga productos cárnicos debe ser procesado mediante calor, con el objetivo de evitar la transmisión de enfermedades, principalmente la enfermedad vesicular del cerdo (EVC), fiebre añosa y muchas formas de salmonelosis. (Bartolo, P. R. 2014).

En otro trabajo realizado por Westendorf, M. et al. (1996), se obtuvieron resultados

que indican que a los cerdos les apetece y agradan mucho las comidas húmedas, lo que indicaría su preferencia por los residuos de alimentos.

Se han estudiado y aplicado a escala comercial varias alternativas para la producción de fuentes de proteína y energía a partir de la recuperación de desechos de la alimentación humana, como residuos y subproductos agropecuarios, industriales, y de la pesca.

Los desperdicios procesados o pienso líquido es un alimento que se ha desarrollado ampliamente. Este alimento no convencional es de composición química variable y se caracteriza por un bajo porcentaje de materia seca y aceptable concentración de proteína bruta y energía. La materia que se usa para producir el pienso líquido está compuesta aproximadamente por un 40 % a 60 % en base a residuos gastronómicos de comensales y entre 20 % a 30 % de desechos agrícolas. Existen redes de acopio que diariamente transportan estos desperdicios y otros residuos y subproductos a plantas procesadoras, que mediante una simple elaboración industrial lo convierte sin riesgos sanitarios en alimento para cerdos. (Bartolo, P. R. 2014).

Respecto a su eficacia en propiciar el rápido crecimiento del cerdo, se demostró que cuando se alimentan cerdos en ceba solamente con desperdicios procesados sin suplementos o aditivos, se limita el consumo voluntario (1,6 kg a 1,7 kg de materia seca/día) y se obtienen ganancias de peso en condiciones experimentales de 400 gramos/día a 500 gramos/día. Por esto, es una práctica corriente en Cuba mezclar los desperdicios con mieles de caña, operación que se realiza en las mismas plantas industriales, lo que además permite aumentar aproximadamente en 10 % el volumen fresco del alimento a producir.

La mezcla con mieles incrementa aproximadamente hasta 25 % de la materia seca de los desperdicios, en razón a la proporción a que se ajuste la mezcla disminuye el nivel de proteína bruta y la densidad energética del producto; sin embargo, permite un mayor consumo y mejora del comportamiento animal siempre que se suplemente adecuadamente la dieta. (Bartolo, P. R. 2014).

Otros experimentos similares se han llevado a cabo en países como los EEUU, donde se viene utilizando los residuos de cocina para la alimentación del ganado porcino. En un proyecto piloto en Wisconsin se recoge los residuos de una pastelería, de un hotel y de una tienda de abarrotes para utilizarlos como alimento de este tipo de ganado. (Bartolo, P. R. 2014).

1.7 TEORÍAS SOBRE EL EMPLEO DE AFRECHO DE TRIGO Y MELAZA COMO INSUMOS PARA LA OBTENCIÓN DE ALIMENTO BALANCEADO PARA ESPECIE PORCINA

1.7.1 Afrecho de Trigo

Los subproductos del trigo son apreciados para la alimentación de cerdas madres por su contenido de fibra, la misma que al tener un proceso previo mejora la digestibilidad debido a las características nutricionales de este alimento. (Chachapoya, D. L. 2014).

Almague, R.E. (2010), en un estudio realizado indica que, con la inclusión del afrecho de trigo, se favorecen los rasgos de comportamiento del cerdo, a la vez que estos son comparables a los que se obtienen con el sistema de alimentación convencional basado en cereales y harina de soya.

1.7.2 Melaza

La melaza es común como ingrediente alimenticio para pollos y cerdos siendo el ingrediente principal al componer hasta el 40% de la ración proporcionada a cada especie, respectivamente. En la alimentación de los cerdos las mieles de caña se han venido utilizando desde comienzos de siglo y se recomienda incorporar en la proporción de 10 % a 20 % ya sea pura o previamente diluida en agua. (Bartolo, P. R. 2014).

Principalmente se ha incorporado la melaza como suplemento a las dietas, aunque se ha demostrado que, al sustituir significativamente la fuente energética de una dieta de cereales por miel fina, el comportamiento de los cerdos se ve afectado y produce un efecto laxante, limitando su uso a gran escala. Existe un consenso general que sugiere

que los niveles óptimos de inclusión de melaza en la dieta de cerdos están en el orden de 20 % al 30 %.

También se menciona a la melaza como una buena fuente de energía para el ganado porcino, con alto contenido de agua (15 % a 25 %) y carbohidratos hidrosolubles (65 %), los azúcares presentes en la melaza son de fácil digestión para los cerdos de todas las edades, excepto aquellos menores a tres semanas de edad, cuyos sistemas digestivos no producen suficiente sucralosa para metabolizar la melaza. La ingesta de melaza en niveles de 15 % a 25 % de la dieta, genera el aumento del nivel de pase de la ingesta a través del tracto digestivo. La adición de melazas hace más apetecibles los alimentos, mejorando sus propiedades organolépticas y favoreciendo la calidad de la carne.

Sus principales inconvenientes de este insumo es que fermenta con mucha facilidad.

En Cuba desde finales de la década del 60 se vienen usando desperdicios procesados (residuos de alimentos sometidos a un proceso de cocción) combinados con melaza de caña. Esta combinación da como resultado un producto que se denomina pienso líquido terminado, cuyas características nutricionales están determinadas por el nivel de incorporación de miel fina. El rasgo principal de la melaza es su pobreza en nitrógeno, que al ser mezclada con los desperdicios procesados genera un alimento de baja densidad proteica y energética. Para solucionar este inconveniente, se consideró el uso de afrecho de trigo como insumo proteico, obteniendo a partir de estas combinaciones un alto valor de conversión alimenticia. (Bartolo, P. R. 2014).

1.8 CONTROL DE CALIDAD AL PRODUCTO FINAL

Comprende de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

1.8.1 Análisis fisicoquímicos

Implica la caracterización del producto desde el punto de vista fisicoquímico, con el fin de comprobar si cumple con los estándares de calidad para ser empleado como alimento para animales.

En la Tabla I-4 se presenta los requisitos generales de alimentos balanceados para animales porcinos que establece la Norma Boliviana 550 del Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA). ANEXO C.

Tabla I-4 Requisitos fisicoquímicos de los alimentos balanceados para porcinos

Requerimiento	Línea				
	Pre inicio	Inicio	Crecimiento	Terminado	Reproductores
Humedad, máx. %	13	13	13	13	13
Proteína, mín. %	22	18	16	15	17
Grasa, mín. %	2	2	2	2	2
Fibra, máx. %	4	6	8	8	10
Cenizas, máx. %	8	8	8	8	10
Calcio, mín. %	0,8	0,8	0,7	0,6	0,7
Fósforo, mín. %	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5
Iodo, mín. %			0,0038		
máx. %			0,0076		

Fuente: (IBNORCA, 1995)

Para los análisis fisicoquímicos del alimento balanceado para porcinos obtenido, se cuenta con el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), de este modo se asegura que el producto cumpla con las normas de calidad alimentaria y unos estándares aceptables para garantizar la seguridad de los animales porcinos.

1.8.2 Análisis microbiológicos

En lo que respecta a la evaluación microbiológica del alimento balanceado, se toma en consideración los requisitos generales de alimentos balanceados para animales que establece la Norma Boliviana 546 del Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA).

Tabla I-5 Requisitos microbiológicos de los alimentos balanceados para animales

Característica	Límite Máximo	Método de Ensayo
Coliformes totales UFC/g	1 x 10 ³	NB 32005:02
Coliformes fecales UFC/g	Ausencia	NB 32005:02

NB: Norma Boliviana

UFC/g: Unidades Formadoras de Colonias por gramo

Fuente: (IBNORCA, 1995)

Del mismo modo, para los análisis microbiológicos del alimento balanceado para porcinos obtenido, se cuenta con el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), así se asegura la inocuidad del producto.

Adicionalmente, es preciso indicar que para garantizar una calidad satisfactoria del producto es preciso llevar un control de materia prima, control del proceso de producción, y control del producto terminado, mediante ensayos físicos y químicos en el laboratorio. Se debe garantizar la seguridad de los equipos y los procedimientos que conlleva al manejo de registros a fin de asegurar que se cumpla a cabalidad los parámetros de producción establecidos.

CAPITULO II
PARTE EXPERIMENTAL

2.1 SELECCIÓN DEL MÉTODO DE OBTENCIÓN DE ALIMENTO BALANCEADO

En este sentido, se realiza una tabla de criterios, a fin de seleccionar el proceso más conveniente a usar. Las alternativas a compararse son los procesos de molido, peletización y extrusión, procesos que son los más empleados en la obtención de alimentos balanceados en base a las investigaciones realizadas. Los criterios de valoración se presentan a continuación:

Tabla II-1 Criterios de valoración para la selección del proceso

Factores	Descripción	Valoración porcentual de los factores (%)
Operación	Se desea que la operación sea sencilla y flexible para el operador.	25
Calidad del producto	Se espera que con el proceso se logre obtener las propiedades nutritivas requeridas del alimento balanceado.	30
Impacto Ambiental	Se desea que el proceso sea lo menos dañino al medio ambiente.	20
Costo	Se requiere que los costos de inversión y de operación sean accesibles y rentables.	25
Total		100

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

La Tabla II-1 muestra los criterios de valoración identificados que se ajustan a los objetivos y que permiten comparar los procesos en base a su análisis. Posteriormente para la evaluación se realiza una escala de puntuación.

Tabla II-2 Escala de puntuación

Escala de Puntuación	Puntuación
Excelente	0,9 - 1
Muy bueno	0,7 - 0,8
Bueno	0,5 - 0,6
Regular	0,3 - 0,4
Malo	0,1 - 0,2

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

Por consiguiente, se ejecuta una matriz de decisión para evaluar y elegir la mejor opción entre las diferentes alternativas de proceso.

Tabla II-3 Matriz de decisión para la selección del proceso de obtención de alimento balanceado

Factores	Valoración porcentual de los factores (%)	Molido		Peletización		Extrusión	
		Calif.	Pond.	Calif.	Pond.	Calif.	Pond.
		Operación	25	0,9	22,5	0,7	17,5
Calidad del producto	30	0,7	21	0,8	24	0,9	27
Impacto Ambiental	20	0,8	16	0,8	16	0,8	16
Costo	25	0,8	20	0,6	15	0,4	10
Total	100		79,5		72,5		65,5

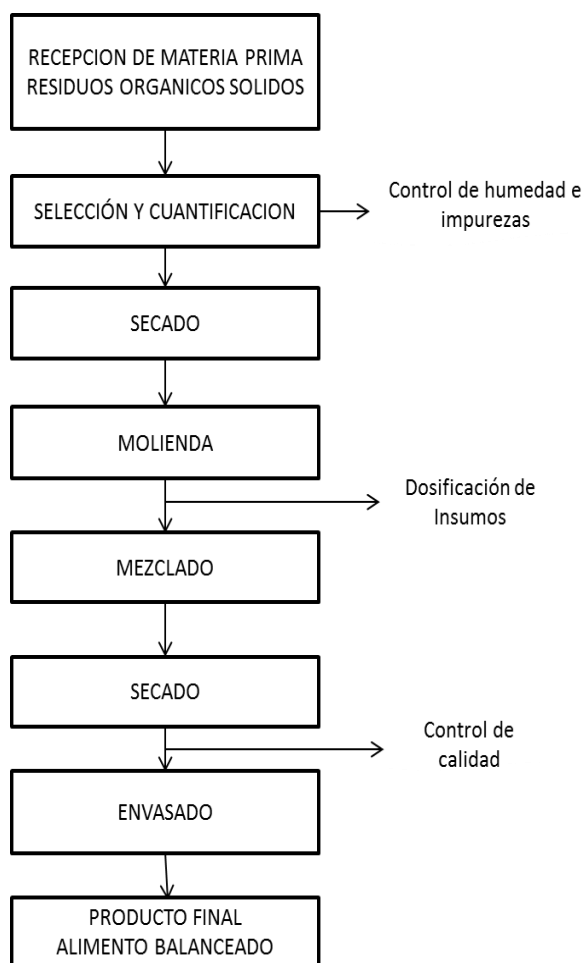
Fuente: (Elaboración propia, 2022)

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla II-3, se observa que el proceso más conveniente para la obtención de alimento balanceado es el proceso de molido, esto debido a que presenta una operación más sencilla y económica (puesto que los procesos de peletización y extrusión requieren de equipos específicos y no se cuenta con la disponibilidad de ellos).

2.2 PROPUESTA DEL PROCESO TECNOLÓGICO EXPERIMENTAL PARA LA OBTENCIÓN DE ALIMENTO BALANCEADO PARA PORCINOS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS SÓLIDOS

Inicialmente se plantea, tomando en cuenta el método seleccionado y con base en las investigaciones realizadas, el siguiente proceso:

Figura 2-1 Diagrama de bloques del proceso de obtención de alimento balanceado

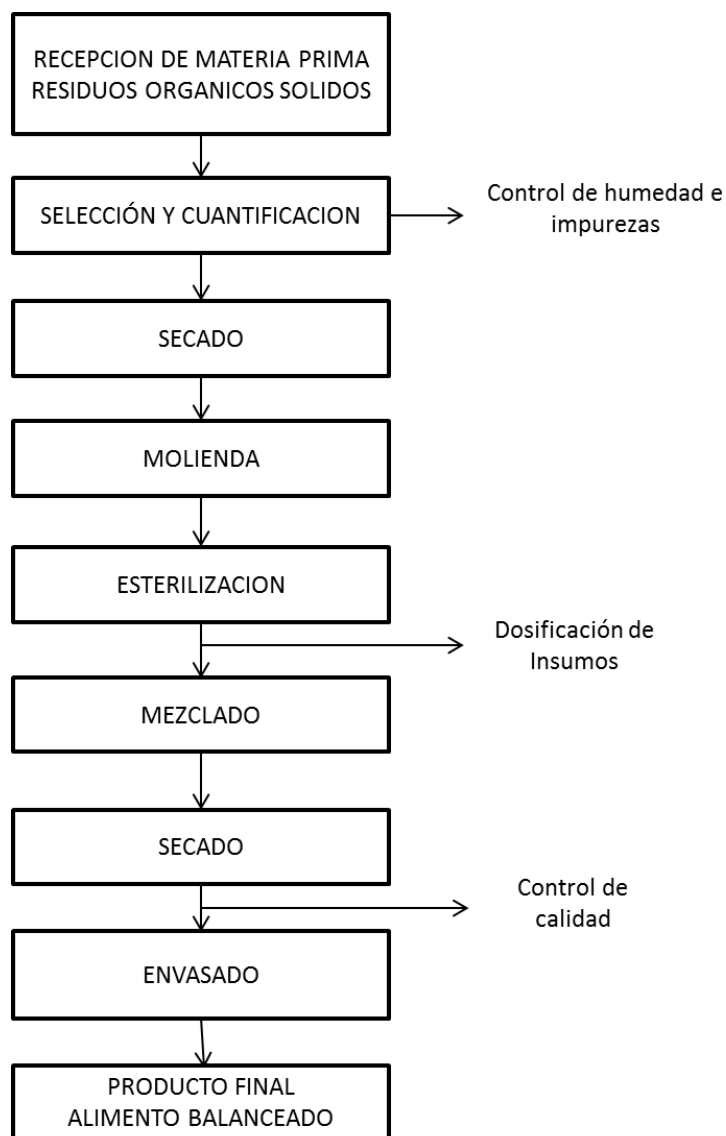


Fuente: (Elaboración propia, 2022)

De acuerdo con los análisis realizados del Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), se encontró la presencia de coliformes totales y fecales, por lo

cual se replantea este proceso, añadiendo una etapa de esterilización como se detalla a continuación:

Figura 2-2 Diagrama de bloques del proceso de obtención de alimento balanceado para porcinos a partir de residuos orgánicos sólidos



Fuente: (Elaboración propia, 2022)

Al incluir la etapa de esterilización, en los análisis del producto obtenido ya no se detecta la presencia de coliformes, con lo cual se garantiza la inocuidad del producto.

Como conclusión final, el diagrama propio con esterilización es la mejor alternativa de proceso.

2.3 MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA FASE EXPERIMENTAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

2.3.1 Materiales

Los materiales utilizados en el trabajo se detallan en el siguiente cuadro:

Tabla II-4 Materiales empleados en el proyecto de investigación

Materiales	Capacidad	Tipo de material	Cantidad	Unidades
Vaso de precipitación	250 ml	Vidrio	2	Unidad
Varilla	Mediana	Vidrio	1	Unidad
Espátula con cuchara	Pequeña	Metálica	3	Unidad
Vidrio reloj	80 mm	Vidrio	1	Unidad
Termómetro	-10 °C a 100 °C	Vidrio	1	Unidad
Probeta	50 ml	Vidrio	1	Unidad
Guante	Mediano	Látex	1	Caja
Barbijo	Mediano	Quirúrgico	1	Caja
Papel film	Mediano	Polietileno	1	Rollo
Balde	5 l	Plástico	4	Unidad

Materiales	Capacidad	Tipo de material	Cantidad	Unidades
Bandeja	Grande	Acero inoxidable	2	Unidad
Plato	Mediano	Aluminio	9	Unidad
Papel	Mediano	Aluminio	5	Rollo
Tijera	Mediano	Acero inoxidable	1	Unidad
Bolsa para muestra	Mediano	Polipropileno	2	Paquete
Trapo	Pequeño	Algodón	1	Unidad
Bolsa negra	Grande	Nylon	1	Paquete

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

2.3.2 Equipos

Para el proceso de obtención de alimento balanceado se requiere de los siguientes equipos:

Tabla II-5 Equipos empleados en el proyecto de investigación

Equipos	Utilización
Estufa de secado	Para la realización del secado de la materia prima y del producto.
Molino de martillos	Para la molienda de la materia prima.
Estufa de secado y esterilización	Para el proceso de esterilización de la materia prima.
Agitador mecánico vertical	Para el mezclado de la materia prima e insumos.
Balanza analítica electrónica	Para los pesajes que se requieran durante el proceso.
Balanza de triple barra	Para el pesaje de cantidades mayores a 500 g.
Analizador de humedad infrarrojo	Para medir el porcentaje de humedad del producto.
Envasadora al vacío	Para el envasado del producto

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

Los equipos mencionados en la Tabla II-5, se encuentran disponibles en las instalaciones del laboratorio de operaciones unitarias de la carrera de ingeniería química y en el taller de alimentos de la carrera de ingeniería de alimentos.

Figura 2-4 Mercado Central de la provincia Cercado, Tarija



Fuente: (El País, 2019)

El mercado Central de la provincia Cercado de Tarija está situado en el casco céntrico de la ciudad y cuenta con una infraestructura moderna donde se puede encontrar una gran variedad de productos.

Figura 2-5 Residuos orgánicos sólidos adquiridos del mercado Central



Fuente: (Elaboración propia, 2021)

El mercado Central es un centro de abasto que cuenta con diferentes áreas de generación de residuos sólidos siendo los residuos orgánicos los de mayor cantidad.

2.4.2 Parámetros considerados de medición para el control de calidad de la materia prima

La materia prima debe estar libre de impurezas, exentas de parásitos y microorganismos patógenos que puedan representar peligro para la salud y debe ser de calidad alimenticia apropiada.

2.4.2.1 Evaluación física

- Impureza: Según Chachapoya, D. L. (2014), los estándares básicos de impurezas para un proceso óptimo son de 2 % pero estos pueden variar según el tipo de elemento. Para determinar esto se debe tomar una muestra de la materia prima y se retira las impurezas, los residuos orgánicos dañados o muy duros, para luego pesar los mismos y obtener la cantidad de impurezas. Tras esto, se debe hacer uso de la siguiente ecuación:

Ecuación II-1 Porcentaje de impurezas

$$I = \frac{p_1 - p_2}{p_1} * 100$$

Donde:

I = Contenido de impurezas en porcentaje

p_1 = Peso de la muestra original en g

p_2 = Peso de la muestra limpia en g

- Humedad: En lo que concierne la cantidad de humedad de los residuos orgánicos sólidos, para la determinación de la humedad se empleó la siguiente ecuación:

Ecuación II-2 Porcentaje de humedad

$$\% \text{ Humedad} = \frac{C_T - C_S}{C_T - C_O} * 100 \%$$

Donde:

C_o = Peso del recipiente vacío

C_T = Peso del recipiente con muestra

C_s = Peso del recipiente con muestra seca

Esta determinación se realizó siguiendo el método gravimétrico – Secado en Estufa.

ANEXO B.

2.4.2.2 Evaluación microbiológica

Incluyó la enumeración de bacterias aerobias mesófilas, mohos y levaduras, coliformes totales y coliformes fecales.

2.4.2.3 Evaluación química

Para iniciar con el proceso de obtención de alimento balanceado es indispensable conocer la composición de la materia prima para ello, se debe realizar la caracterización fisicoquímica de la misma.

- Análisis Proximal: Este análisis sirve para evaluar la composición nutricional de la materia prima, con el fin de comprobar si cumple con las cualidades necesarias para ser empleado como alimento para animales. En la siguiente tabla se muestran los parámetros comprendidos por este análisis y el método analítico empleado en su cuantificación.

Tabla II-6 Parámetros y métodos del análisis proximal

Parámetro	Unidad	Método de Ensayo	Norma Boliviana
Humedad	%	Gravimetría, método de Secado en Estufa	NB 38027:06
Proteína	%	Volumetría, método Kjeldahl	NB/ISO 8968-1:08
Grasa	%	Gravimetría, extracción Soxhlet.	NB 313019:06

Parámetro	Unidad	Método de Ensayo	Norma Boliviana
Fibra cruda	%	Gravimetría, doble Hidrolisis Ácida-Alcalina	NB-104-75
Ceniza	%	Gravimetría	NB 39034:10
Hidratos de carbono	%	Determinación por diferencia de pesos	-

NB: Norma Boliviana
ISO: Organización Internacional de Normalización

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos correspondientes se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (UAJMS) del departamento de Tarija. (Capítulo III Análisis y Discusión de Resultados).

2.4.3 Insumos

Los insumos utilizados durante el proceso fueron considerados de acuerdo a los siguientes parámetros: especie animal, requerimientos nutricionales del animal, disponibilidad de los ingredientes y composición nutricional de los alimentos. Los insumos utilizados son:

2.4.3.1 Afrecho de Trigo

Como define Buxáde, C. (1995), el afrecho de trigo es el resultado de una parte de la molienda de los granos de trigo, es un componente importante en la formulación de este alimento. Los subproductos son el afrecho, sémola y salvado, los residuos de la industria harinera son empleados en la formulación de todo tipo de alimentación complementaria y su contenido proteico oscila entre el 10 % al 15 %, contiene cantidades considerables de fósforo y vitaminas del grupo B. (citado por Chachapoya, D. L. 2014).

El afrecho de trigo fue adquirido de un almacén de comercialización de harinas, ubicado en el mercado Campesino del departamento de Tarija.

Figura 2-6 Afrecho de trigo



Fuente: (Elaboración propia, 2022)

Se seleccionó este insumo para el proceso, debido a que sus valores nutricionales se asemejan a los requeridos por la norma de alimento balanceado para porcinos como se muestra a continuación en la Tabla II-7.

Tabla II-7 Análisis nutricional típico del afrecho de trigo

Análisis	Unidad	Valor
Humedad	%	máx. 13
Proteína	%	min. 13
Grasa	%	3 - 5
Fibra cruda	%	8 - 9
Ceniza	%	máx. 5

Fuente: (Adaptado de EccoFeed, 2019)

La cantidad adecuada de afrecho de trigo a suministrar dependerá fundamentalmente del "balance de nutrientes" de los diferentes ingredientes. (Gallardo, M. 2003).

2.4.3.2 Cloruro de sodio “Sal”

Es un saborizante, el exceso produce problemas como la retención de líquidos, pero también es necesario para el organismo porque contiene calcio, magnesio y manganeso. La sal no contiene calorías, su función principal es la que va ligada al paladar, acentúa el sabor de los alimentos, así también posee otras funciones como conservante; conciliar el sueño, evita el exceso de salivación, previene la aparición de calambres musculares, y otras. (Chachapoya, D. L. 2014).

Figura 2-7 Cloruro de sodio



Fuente: (Elaboración propia, 2022)

2.4.3.3 Conservante “Propionato de calcio”

El propionato de calcio es una sal formada como resultado de la reacción del hidróxido de calcio con el ácido propiónico, se puede producir tanto en cristal como en polvo, es fácilmente soluble en agua y se usa ampliamente como inhibidor de moho y como conservante en una gran variedad de productos. (Dolar Kimya, 2022).

Los estudios demuestran que el propionato de calcio es uno de los aditivos alimentarios más fiables que se utilizan en la industria alimentaria. La organización estadounidense de alimentos y medicamentos no ha especificado límites para el uso de propionato de calcio en los alimentos. (Dolar Kimya, 2022).

Figura 2-8 Propionato de calcio



Fuente: (Elaboración propia, 2022)

El conservante propionato de calcio elegido para el proceso fue adquirido de la Venta de Insumos Enológicos y Asesoramiento Vinícola (DIEMAR).

2.4.3.4 Melaza

El término "Melaza" hace referencia a diversos alimentos, los cuales tienen características comunes como una alta concentración de azúcares (principalmente glucosa, sacarosa y fructosa), bajo contenido de proteína, ausencia absoluta de fibra y algunos minerales. Generalmente el contenido de humedad de la melaza oscila entre un 20 % y 40 %, siendo bien conocida por su naturaleza densa y viscosa. La fuente más común de melaza es como subproducto del procesamiento de la caña de azúcar y la remolacha, pero también es producida por las abejas y obtenida de algunos árboles. (Bartolo, P. R. 2014).

Figura 2-9 Melaza



Fuente: (Elaboración propia, 2022)

Su aplicación directa es difícil debido a su alta viscosidad, por lo que se recomienda diluirla preferiblemente en un poco de agua tibia.

Tabla II-8 Propiedades fisicoquímicas de la melaza

Datos físicos y químicos		Vitaminas	
Materia seca	76,50 %	Biotina (vitam. B8)	3 ppm
Agua	23,50 %	Ácido Fóúico (vitam. B9)	0,04 ppm
Materia orgánica	62,50 %	Inositol	6 000 ppm
Cenizas	16,00 %	Pantotenato de calcio	60 ppm
Relación C: N	27 (aprox.)	Piridoxina (vitam. B6)	4 ppm
Energía	2 350 cal/kg	Riboflavina (vitam. B2)	2,5 ppm
Brix	86°	Tiamina (vitam. B1)	1,8 ppm
Densidad	1,41 kg/l	Niacina (vitam. B3)	500 ppm
pH	4,9 – 5,4	Colina	700 ppm
Proteínas y Aminoácidos		Minerales	
Proteína bruta	4,30 %	Calcio	0,80 %
Nitrógeno	1,01 %	Fósforo	0,08 %
Lisina	200 ppm	Potasio	4,20 %
Metionina	200 ppm	Cloro	2,10 %

Proteínas y Aminoácidos		Minerales	
Metionina + cistina	400 ppm	Magnesio	0,27 %
Treonina	500 ppm	Azufre	0,78 %
Triptófano	200 ppm	Sodio	0,09 %
Isoleucina	400 ppm	Cobre	14 ppm
Valina	700 ppm	Hierro	130 ppm
Carbohidratos		Manganeso	5 ppm
Azúcares totales	48,30 %	Zinc	8 ppm
Azúcares reductores	11,50 %		
Sacarosa	35,90 %		
Fructosa	5,60 %		
Glucosa	2,60 %		

Fuente: (Aldón, D. 2008, como se citó en Bartolo, P. R. 2014)

La melaza se adiciona como aditivo para incrementar la palatabilidad, es común como ingrediente alimenticio para pollos y cerdos siendo el ingrediente principal al componer hasta el 40% de la ración proporcionada a cada especie, respectivamente. El Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA), (2016), menciona que el valor nutritivo de la melaza estriba en:

- Importante fuente de hidratos de carbono y por lo tanto de un alto contenido energético.
- Buen sabor y olor que aumenta el apetito y la ingesta del pienso, y en consecuencia incrementa la ganancia de peso vivo, sobre todo en el ganado de pastoreo criado en forma extensiva.
- Elimina la formación de polvos durante la alimentación del ganado y actúa como aglomerante.

2.4.3.5 Agua destilada

Desde el punto de vista de Zarza, L. F. (2022), el agua destilada es aquella sustancia compuesta por H₂O sometida a un proceso de destilación en el que se eliminan las

impurezas e iones del agua de origen. Las principales características y propiedades del agua destilada son:

- Está limpia de electrolitos, sales minerales, microorganismos y otras sustancias contaminantes.
- El pH ronda 5,8.
- Es inodora, incolora e insípida.

Como expresa Ondarse, D. (2021), el agua destilada se emplea en laboratorios, para preparar mezclas que exigen márgenes altos de pureza en el agua, o que precisan sus propiedades aislantes y diamagnéticas.

Figura 2-10 Agua destilada



Fuente: (Elaboración propia, 2022)

El agua destilada fue adquirida del Centro de Análisis Investigación y Desarrollo, CEANID.

2.5 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

2.5.1 Diseño experimental

El diseño experimental es una técnica estadística, que tiene como objetivo definir una serie de pruebas en las cuales existen cambios deliberados en las variables de entrada

de un proceso sistema, de tal manera que sea posible observar e identificar las causas de los cambios que se producen en la respuesta de salida, de tal modo que el investigador obtenga estimaciones con la mayor precisión posible.

2.5.2 Diseño factorial

Para el presente trabajo de investigación, se considera, como variables influyentes en el proceso de obtención de alimento balanceado para porcinos a la dosificación de afrecho de trigo y melaza, debido a que la combinación de estas variables influye directamente en las propiedades nutricionales del alimento balanceado.

El diseño factorial pertenece al modelo 3^k . Donde 3 hace representación a los niveles y k a las variables independientes (o factores). En consecuencia, el modelo factorial adoptado es un diseño de 3^2 el cual se compone de dos factores y tres niveles.

A continuación, se muestra la tabla de niveles de las variables seleccionadas.

Tabla II-9 Niveles de las variables correspondiente al diseño factorial

Nivel	Variables	
	Dosificación Afrecho de Trigo (%)	Dosificación Melaza (%)
Inferior	-1	-1
Medio	0	0
Superior	+1	+1

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

En cuanto a los valores asignados para cada nivel, se seleccionaron dosificaciones de melaza en base a investigaciones realizadas y las dosificaciones de afrecho de trigo del balance de nutrientes de los ingredientes en el proceso a fin de mejorar el atributo más

importante del alimento balanceado: la proteína, así como las demás propiedades nutricionales del producto final.

A continuación, se presentan los valores asignados para los niveles del proceso experimental:

Tabla II-10 Niveles asignados para las variables correspondientes al diseño factorial

Nivel	Dosificación Afrecho de Trigo (%)	Dosificación Melaza (%)
Inferior	20	10
Medio	30	15
Superior	40	20

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

De tal manera que:

Nº de variables = 2

Nº de niveles = 3

Nº de pruebas = $3^k = 3^2 = 9$

Así mismo, como variable respuesta se toma la calidad de la proteína, factor sustancial que caracteriza la composición nutricional del alimento balanceado; estas variables permitirán conocer la combinación pertinente que den como resultado un producto nutritivo, rentable y aceptable para su consumo. Entonces, al tratarse de un diseño 3^2 el número de combinaciones a realizarse es de 9, con una repetición.

En la siguiente tabla se presentan todas las posibles combinaciones que se pueden dar entre las variables que se someten a prueba.

Tabla II-11 Matriz del diseño factorial – primera réplica

N° de Prueba	Dosificación Afrecho de Trigo (%)	Dosificación Melaza (%)	Variable respuesta (proteína)
1	-1	-1	R1
2	-1	0	R2
3	-1	+1	R3
4	0	-1	R4
5	0	0	R5
6	0	+1	R6
7	+1	-1	R7
8	+1	0	R8
9	+1	+1	R9

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

Para dar más exactitud a los resultados obtenidos, se realiza una segunda réplica.

Tabla II-12 Matriz del diseño factorial – segunda réplica

N° de Prueba	Dosificación Afrecho de Trigo (%)	Dosificación Melaza (%)	Variable respuesta (proteína)
1	-1	-1	R1
2	-1	0	R2
3	-1	+1	R3
4	0	-1	R4
5	0	0	R5
6	0	+1	R6
7	+1	-1	R7
8	+1	0	R8
9	+1	+1	R9

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

En este sentido, se establecen las siguientes hipótesis:

H₁: La dosificación de afrecho de trigo y melaza influyen en la calidad nutricional del alimento balanceado.

Por otro lado, se presenta la hipótesis nula:

H₀: Ni la dosificación de afrecho de trigo y ni la de melaza influyen en la calidad nutricional del alimento balanceado.

En donde el modelo es el siguiente:

Ecuación II-3 Modelo del diseño factorial

$$\gamma_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

μ = es el efecto medio global.

α_i = es el efecto incremental sobre la media causado por el nivel i del factor de dosificación afrecho de trigo.

β_j = es el efecto incremental sobre la media causado por el nivel j del factor de dosificación melaza.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = es el efecto incremental sobre la media causado por la interacción del nivel i de la dosificación afrecho de trigo y el nivel j de la dosificación melaza.

ε_{ijk} = es el término del error.

2.6 DESARROLLO DEL PROCESO EXPERIMENTAL

El desarrollo del presente proyecto de investigación se llevó a cabo en instalaciones del Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU) de la Carrera de Ingeniería Química y en el Taller de Alimentos de la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

2.6.1 Recepción de materia prima

Como se mencionó en el acápite 2.4.1, la materia prima utilizada en la presente investigación son los residuos orgánicos sólidos procedentes del Mercado Central de la provincia Cercado perteneciente al departamento de Tarija.

Las muestras se recolectaron entre los días lunes y viernes, de varios puestos principalmente de comida, (aproximadamente 13:30 p.m.) en baldes de plástico de 5 litros, evitando incluir desechos no biodegradables y exceso de líquido. Los residuos recolectados fueron cubiertos con papel film y transportados inmediatamente al laboratorio para su procesamiento.

Figura 2-11 Recepción de los residuos orgánicos sólidos



Fuente: (Elaboración propia, 2022)

2.6.2 Selección y Cuantificación

En el laboratorio lo primero que debe realizarse es un minucioso control de la materia prima, seleccionando y separando de la misma los residuos dañados, huesos muy duros, o cualquier otra contaminación física, para luego proceder a la medición de impurezas como se indicó en el punto 2.4.2.1. El valor obtenido de impurezas fue de 1,2 %. (Capítulo III Análisis y Discusión de Resultados).

Figura 2-12 Control de la materia prima



Fuente: (Elaboración propia, 2022)

Pasado el control de impurezas de los residuos orgánicos sólidos, se llevó a cabo la cuantificación respectiva, para lo cual se dividió los residuos en cuatro grupos: carbohidratos (papa, arroz, fideo), vegetales (cebolla, tomate, lechuga, zanahoria), proteínas (carne, pollo, cascaras de huevo y huesos) y frutas (plátano, papaya, manzana, piña, etc.) para su posterior pesaje en la balanza de triple barra.

Figura 2-13 Cuantificación de los residuos orgánicos sólidos



Fuente: (Elaboración propia, 2022)

Tabla II-13 Cuantificación de los residuos orgánicos sólidos

Grupo	Peso (g)	Porcentaje (%)
Carbohidratos	720	40
Proteínas	360	20
Frutas	540	30
Vegetales	180	10
Total	1 800	100

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

Como resultado, la cantidad inicial de residuos orgánicos sólidos fue de 1 800 g para cada experimento.

2.6.3 Secado

Según Myer, et. al. (1999), los residuos de alimentos de restaurantes contienen normalmente entre 50 % y 85 % de humedad. Para Westendorf, et. al. (1999), esto refleja un inconveniente de emplear residuos de comida como alimento para cerdos, pues el alto contenido de humedad limita la ingesta de materia seca. (citado por Bartolo, P. R. 2014). Por lo tanto, es necesario proceder a un previo secado de los residuos orgánicos sólidos para reducir su contenido de humedad. Se determinó el porcentaje de humedad de los residuos orgánicos sólidos mediante la fórmula dada en el punto 2.4.2.1 dando un resultado promedio de 73,93 % de humedad. (Capítulo III Análisis y Discusión de Resultados).

El proceso de secado se efectuó, una vez recolectada, seleccionada y pesada la materia prima, cabe recalcar que, para un proceso posterior óptimo, la materia prima no debe superar el 14% de humedad, lo que permite un ahorro de energía eléctrica y tiempo de proceso. Para el secado, se hizo uso de una estufa de secado por convección natural.

La cantidad inicial de residuos orgánicos sólidos fue de 1 800 g; sin embargo, para evitar alteraciones de las condiciones de temperatura de la estufa y del total de la masa, se tomó una muestra representativa de residuos orgánicos sólidos, que es más fácil de manipular, la cual se fue pesando y registrando en intervalos de 2 horas hasta que el peso de la muestra se mantuvo constante dando como resultado un tiempo de secado de 36 horas. El proceso se realizó a una temperatura de 65 °C, puesto que a estas condiciones se evita la desnaturalización de la proteína.

Figura 2-14 Proceso de secado de los residuos orgánicos sólidos



Fuente: (Elaboración propia, 2022)

De esta manera se obtuvo una materia prima con un valor de humedad dentro del parámetro establecido para iniciar el proceso de obtención de alimento balanceado. (Capítulo III Análisis y Discusión de Resultados).

2.6.4 Molienda

La materia prima empleada requiere de molienda ya que su estructura física no permite una homogenización en el proceso de mezclado y posteriormente es mínima la absorción de los nutrientes que aportan estos alimentos en el organismo de los animales. Por tal razón, una vez realizado el proceso de secado de los residuos orgánicos sólidos se realiza el proceso de molienda.

Para ello, se optó por hacer uso de un molino de martillos debido al alto contenido de lípidos en los residuos orgánicos, puesto que, al estar provisto de martillos los residuos se van reduciendo y degradando hasta formar la harina con mayor facilidad, evitándose así la adherencia de la harina al molino.

Se colocó una bandeja en la boca de la salida de la cámara de molienda para recibir la harina. Posteriormente se procedió a llenar la tolva del molino hasta un 70 % a manera de regular la entrada de alimentación, controlándose la adherencia de la harina a los martillos, cumpliendo una duración de 20 minutos por ensayo.

Figura 2-15 Proceso de molienda de los residuos orgánicos sólidos



Fuente: (Elaboración propia, 2022)

Una vez terminado el proceso de molienda se pesó la harina resultante con el objetivo de conocer el rendimiento del proceso para cada ensayo, los cuales se presentan en el capítulo III Análisis y Discusión de Resultados.

2.6.5 Esterilización

La esterilización es un método de eliminación total de todo tipo de microorganismos y que asegura la ausencia absoluta de cualquier forma viviente. (Aquiahuatl, M.; Pérez, M. 2021). Gavilánez, H. (2010) señala que las temperaturas adecuadas para ejecutar el proceso de esterilización son (115 °C – 130 °C durante 15 min – 30 min).

Tras la molienda se realiza el proceso de esterilización, para ello, se hizo uso de una estufa de secado y esterilización, el proceso se programó a 121 °C durante 15 minutos para cada ensayo.

Figura 2-16 Proceso de esterilización de los residuos orgánicos sólidos



Fuente: (Elaboración propia, 2022)

Pasado el lapso de tiempo, para la verificación de la calidad de la materia prima se realizaron los análisis fisicoquímicos y microbiológicos donde se pudo evidenciar la eliminación de microorganismos contaminantes, cumpliendo de esta manera los requerimientos de calidad para la elaboración del alimento balanceado y su procesamiento posterior. (Capítulo III Análisis y Discusión de Resultados).

2.6.6 Mezclado

Incluye la etapa de dosificación, procedimiento que permite medir las proporciones de los insumos presentados en el punto 2.4.3 que van a ser utilizados para la elaboración de alimento balanceado para porcinos. La dosificación se realizó de acuerdo a las variables establecidas en el Diseño Experimental, es decir, nueve combinaciones con una repetición, en dosificaciones de afrecho de trigo de 20 %, 30 % y 40 % y de melaza de 10 %, 15 % y 20 %, con el fin de lograr obtener la combinación más adecuada para la alimentación de los cerdos.

Tabla II-14 Dosificaciones de afrecho de trigo y melaza utilizados en cada tratamiento

N° de Prueba	Dosificación Afrecho de Trigo (%)	Dosificación Melaza (%)
1	20	10
2	20	15
3	20	20
4	30	10
5	30	15
6	30	20
7	40	10
8	40	15
9	40	20

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

El proceso de mezclado se llevó a cabo en un recipiente, utilizando como equipo un agitador mecánico vertical. El proceso inicia cuando se coloca el último ingrediente en polvo, luego se adiciona el ingrediente líquido (melaza) previamente diluido en agua. El orden de inclusión de los ingredientes reduce el tiempo de mezcla, el objetivo es obtener en cada porción del alimento balanceado, la cantidad de cada ingrediente que se considera necesaria para el animal. La duración del proceso fue de 5 minutos.

Figura 2-17 Proceso de mezclado de los residuos orgánicos sólidos e insumos



Fuente: (Elaboración propia, 2022)

Una vez finalizado el mezclado, se procedió a pesar el producto resultante y registrar el tratamiento o combinación que recibió. En todos los casos se trabajó aproximadamente en base a 200 g de residuos orgánicos sólidos. (Capítulo III Análisis y Discusión de Resultados).

2.6.7 Secado

Una vez pasado el proceso de mezclado, es necesario realizar un secado complementario, puesto que después del mezclado el producto sale con un nivel de humedad entre el 20 % - 30 %.

Para el secado final, de igual forma se utilizó una estufa de secado por convección natural. El proceso se realizó a 65 °C, la cantidad inicial de alimento balanceado fue de 450 g aproximadamente para cada experimento; sin embargo, para evitar alteraciones de las condiciones de temperatura en la estufa y del total de la masa, se usó una fracción de 25 g, la cual se fue pesando y registrando en intervalos de 1 hora hasta conseguir una humedad final menor a 13 % ya que de tener valores más altos puede conducir a una humedad fuera de parámetro en el producto final, dando como resultado un tiempo de secado de 5 horas. (Capítulo III Análisis y Discusión de Resultados).

Figura 2-18 Proceso de secado del alimento balanceado



Fuente: (Elaboración propia, 2022)

Cumpliendo el tiempo de secado, se obtiene una cantidad de 300 g aproximadamente en cada experimento y se realiza la verificación fisicoquímica del producto final para saber su calidad en cuanto a los nutrientes que el alimento tiene. (Capítulo III Análisis y Discusión de Resultados).

2.6.8 Envasado

Por último, para proteger el alimento balanceado de la contaminación y otros factores externos como la presencia de oxígeno, humedad, y otros, que pueden afectar la calidad del producto, se procedió a realizar un envasado al vacío.

El envasado al vacío es una técnica muy segura, puesto que al retirar el aire del interior de un envase y reducir el oxígeno el cual es el primer factor de la oxidación y putrefacción de alimentos, se amplía el periodo de caducidad del alimento que contiene y, por lo tanto, aumenta su vida útil. Es un sistema muy práctico y sencillo que, si se realiza correctamente, deja una cantidad de oxígeno residual inferior al 1% en el interior. (Interempresas, 2019).

Los envases deben satisfacer las características de calidad, higiene y resistencia para asegurar una manipulación, transporte y conservación adecuada del alimento. Los envases deben estar exentos de cualquier materia u olor extraño. (IBNORCA, 2016).

En este sentido, el producto final obtenido, se envasó en bolsas de polipropileno debido a que son envases aptos para el envasado al vacío, puesto que, son resistentes a romperse y adecuados para la conservación de alimentos.

Figura 2-19 Envasado del alimento balanceado



Fuente: (Elaboración propia, 2022)

2.7 BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA

2.7.1 Balance de Materia

El balance de materia del proceso de elaboración de alimento balanceado para porcinos, muestra la cuantificación de la transformación desde la etapa de recepción de la materia prima hasta el envasado del producto final. Es importante señalar que los rendimientos aplicados en los diferentes procesos se obtuvieron experimentalmente. Se muestra a continuación la nomenclatura correspondiente a los componentes que intervienen en el balance.

Tabla II-15 Nomenclatura utilizada en el balance de materia

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
MRO	Masa de Residuo Orgánico
MROS	Masa de Residuo Orgánico Seleccionado
MROI	Masa de Residuo Orgánico Impuro
MRH	Masa de Residuo Hidratado
MRS	Masa de Residuo Seco
MAE	Masa de Agua evaporada
MHR	Masa de Harina del Residuo
MPR	Masa de Perdidas de Residuo
MHRE	Masa de Harina del Residuo Esterilizada
MAE2	Masa de Agua evaporada 2

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
MAT	Masa de Afrecho de trigo
MME	Masa de Melaza
MPC	Masa de Propionato de calcio
MA	Masa de Agua
MMD	Masa de Mezcla Dosificada
MR	Masa de Residuos
MAE3	Masa de Agua evaporada a la Salida
MAS	Masa de Alimento Seco
MAF	Masa de Alimento Final

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

2.7.1.1 Recepción de Materia Prima

Base de cálculo: 1 800 g



Balance Global:

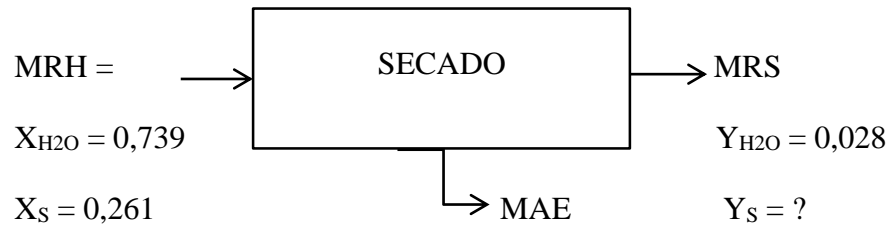
$$MRO = MROS + MROI$$

$$MROI = MRO - MROS$$

$$MROI = 1\,800\text{ g} - 1\,778,4\text{ g} = 21,6\text{ g}$$

2.7.1.2 Secado

Se tiene como datos conocidos las fracciones de sólido y agua de los residuos orgánicos sólidos, obtenidos de las etapas anteriores y se conoce la fracción de agua que debe llegar a tener dicha materia prima tras el secado, el cual es el punto de equilibrio (X_e) igual a 0,028.



Balance Global:

$$MRH = MRS + MAE$$

Se sabe que la masa de sólido inicial antes del secado debe ser igual a la masa de sólido del residuo seco, entonces:

$$MRH_S = X_S * MRH$$

$$MRH_S = 0,261 * 1\,778,4 \text{ g} = 464,162 \text{ g}$$

$$MRS_S = 464,162 \text{ g}$$

Partiendo de los datos calculados se puede encontrar la masa total del residuo orgánico después del secado:

$$MRS_S = MRS * Y_S$$

$$MRS = MRS_S / Y_S$$

Donde:

$$Y_S = 1 - Y_{H2O}$$

$$Y_S = 1 - 0,028 = 0,972$$

Por tanto:

$$MRS = 464,162 \text{ g} / 0,972 = 477,533 \text{ g}$$

Para corroborar los resultados se realiza el balance por componentes

Para el sólido:

$$X_S * MRH = Y_S * MRS$$

$$MRS = \frac{X_S * MRH}{Y_S}$$

$$MRS = \frac{0,261 * 1\,778,4 \text{ g}}{1 - 0,028} = 477,533 \text{ g}$$

Entonces la masa de agua presente en el residuo orgánico seco es:

$$MRS_{H_2O} = MRS - MRS_S = 477,533 \text{ g} - 464,162 \text{ g} = 13,371 \text{ g}$$

Una vez teniendo la masa total del residuo seco se encuentra la masa de agua evaporada:

Balance por componentes de agua:

$$X_{H_2O} * MRH = MAE + Y_{H_2O} * MRS$$

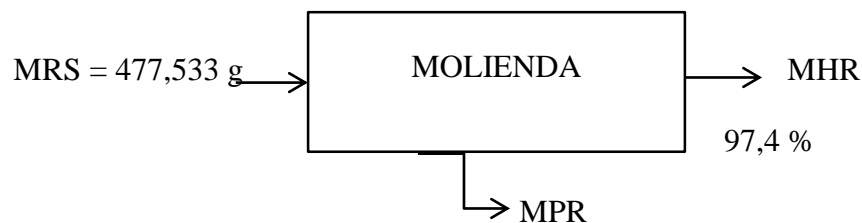
$$MAE = X_{H_2O} * MRH - Y_{H_2O} * MRS$$

$$MAE = 0,739 * 1\,778,4 \text{ g} - 0,028 * 477,533 \text{ g}$$

$$MAE = 1\,300,867 \text{ g}$$

2.7.1.3 Molienda

El rendimiento de la molienda fue alto por lo que las pérdidas del proceso fueron pequeñas:



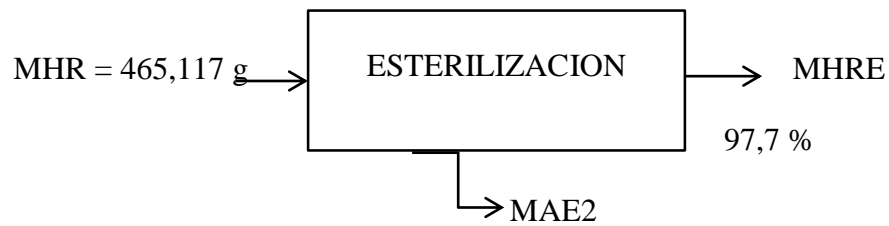
Balance Global:

$$MRS = MHR + MPR$$

$$MPR = MRS - MHR$$

$$MPR = 477,533 \text{ g} - 465,117 \text{ g} = 12,416 \text{ g}$$

2.7.1.4 Esterilización



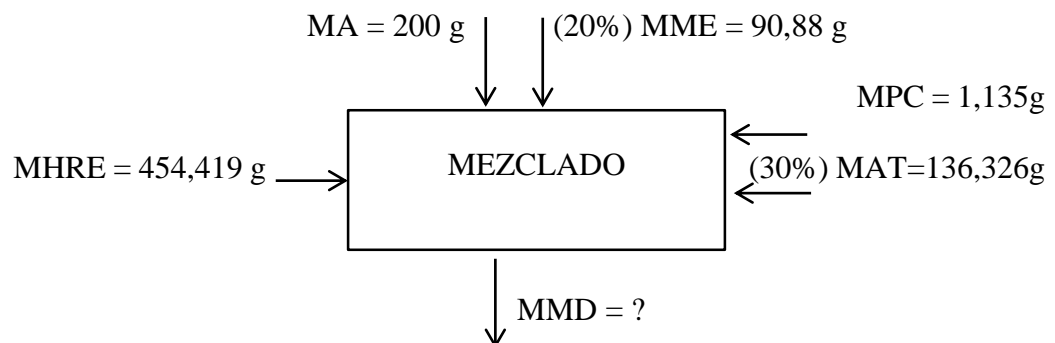
Balance Global:

$$MHR = MHRE + MAE2$$

$$MAE2 = MHR - MHRE$$

$$MAE2 = 465,117 \text{ g} - 454,419 \text{ g} = 10,698 \text{ g}$$

2.7.1.5 Dosificación y Mezclado



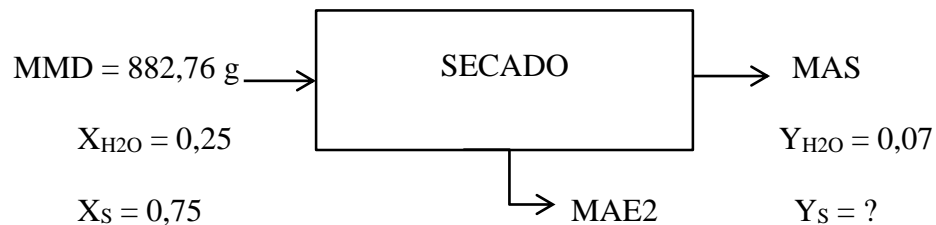
Balance Global:

$$MHRE + MA + MME + MPC + MAT = MMD$$

$$MMD = 454,419 \text{ g} + 200 \text{ g} + 90,88 \text{ g} + 1,135 \text{ g} + 136,326 = 882,76 \text{ g}$$

2.7.1.6 Secado

Se tiene como datos conocidos las fracciones de sólido y agua del alimento balanceado obtenidos en los puntos anteriores y se conoce la fracción de agua que debe llegar a tener el alimento balanceado tras el secado, el cual es el punto de equilibrio (X_e) igual a 0,07.



Balance Global:

$$MMD = MAS + MAE2$$

Se sabe que la masa de sólido inicial antes del secado debe ser igual a la masa de sólido del alimento seco, entonces:

$$MMD_S = X_S * MMD$$

$$MMD_S = 0,75 * 882,76 \text{ g} = 662,07 \text{ g}$$

$$MAS_S = 662,07 \text{ g}$$

Partiendo de los datos calculados se puede encontrar la masa total del alimento después del secado:

$$MAS_S = MAS * Y_S$$

$$MAS = MAS_S / Y_S$$

Donde:

$$Y_S = 1 - Y_{H_2O}$$

$$Y_S = 1 - 0,07 = 0,93$$

Por tanto:

$$MAS = 662,07 / 0,93 = 711,90 \text{ g}$$

Entonces la masa de agua presente en el alimento balanceado seco es:

$$MAS_{H_2O} = MAS - MAS_S = 711,90 \text{ g} - 662,07 \text{ g} = 49,833 \text{ g}$$

Una vez teniendo la masa total del alimento seco se encuentra la masa de agua evaporada:

Balance por componentes de agua

$$X_{H_2O} * MMD = MAE3 + Y_{H_2O} * MAS$$

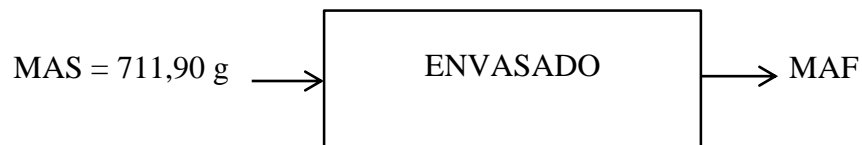
$$MAE3 = X_{H_2O} * MMD - Y_{H_2O} * MAS$$

$$MAE3 = 0,25 * 882,76 \text{ g} - 0,07 * 711,90 \text{ g}$$

$$MAE3 = 170,857 \text{ g}$$

2.7.1.7 Envasado

En esta etapa no existieron pérdidas por lo que la masa final es igual a la inicial.



$$MAS = MAF = 711,90 \text{ g}$$

$$MAF = 711,90 \text{ g}$$

2.7.2 Balance de Energía

Para realizar el balance de energía se debe considerar los procesos que impliquen un intercambio de energía en el sistema.

Tabla II-16 Nomenclatura utilizada en el balance de energía

NOMENCLATURA	DESCRIPCION
MRH	Masa de Residuo Húmedo
MAE	Masa de Agua evaporada
MHRE	Masa de Harina del Residuo Esterilizada
MAE2	Masa de Agua evaporada 2
MMD	Masa de mezcla dosificada
MAE3	Masa de Agua evaporada 3

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

Los procesos que involucran intercambio de energía dentro de la elaboración de alimento balanceado, son la etapa de secado de los residuos orgánicos sólidos, la esterilización y la etapa de secado del producto; para el primer caso se tiene:

Aplicando la primera ley de la termodinámica:

Ecuación II-4 Primera ley de la termodinámica

$$\Delta E_{cinética} + \Delta E_{potencial} + \Delta U = Q + W$$

Los cambios de energía cinética y potencial son tan pequeños que puede considerarse a estos como despreciables.

$$\Delta E_{\text{cinética}} + \Delta E_{\text{potencial}} = 0$$

Como el sistema se encuentra en un estado estacionario el volumen se mantiene constante por lo cual no se efectúa el trabajo.

$$W = 0$$

Entonces la ecuación es:

$$\Delta U = Q$$

$$Q_{\text{cedido}} = Q_{\text{ganado}}$$

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{Sensible}} + Q_{\text{Latente}}$$

2.7.2.1 Balance de energía en el proceso de secado 1

Para la fase de secado se considera el calor sensible y el calor latente puesto que si existió cambio de fase durante la experiencia.

Ecuación II-5 Calor sensible

$$Q_{\text{Sensible}} = m C_p \Delta T$$

Donde:

m: masa (kg)

C_p: capacidad calorífica (kcal/ kg °C)

ΔT: diferencial de temperatura (°C)

Para el valor de la capacidad calorífica de los residuos orgánicos sólidos, se realizó una investigación secundaria y tomando en cuenta que el mayor constituyente de los residuos orgánicos son carbohidratos, se empleó como referencia, para encontrar el valor más adecuado siendo 0,339 Kcal/Kg°C valor extraído de las tablas de Halistrom y Col. (1988). ANEXO E.

Entonces aplicando al proceso:

$$Q_{\text{sensible}} = MRH * C_{p_{\text{Residuos}}} * (T_{\text{Final}} - T_{\text{inicial}}) + MAE * C_{p_{\text{H}_2\text{O}}} * (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}})$$

Ecuación II-6 Calor latente

$$Q_{\text{latente}} = MAE * \lambda_{\text{H}_2\text{O}}$$

Donde los datos son:

$$MRH = 1\,778,4 \text{ g} = 1,778 \text{ kg}$$

$$MAE = 1300,867 \text{ g} = 1,301 \text{ kg}$$

$$T_{\text{final}} = 65 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{inicial}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

Para encontrar el valor del calor latente de vaporización del agua $\lambda_{\text{H}_2\text{O}}$ se debe considerar que la presión del departamento de Tarija expresada en mmHg es 610,05 o su equivalente en bares 0,813.

Partiendo del dato de la presión y por medio de tablas del Mc Cabe W. L., Smith J.C., (1998) e interpolando, se determinó que:

$$\lambda_{\text{H}_2\text{O}} = 542,74 \text{ kcal/kg}$$

Entonces:

$$Q_{\text{Sensible}} = 1,778 \text{ kg} * 0,339 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} * (65 - 20) \text{ }^\circ\text{C} + 1,301 \text{ Kg} * 1 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} * (65 - 20) \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{Sensible}} = 85,67 \text{ Kcal}$$

De la misma forma se encuentra el calor latente:

$$Q_{\text{Latente}} = 1,301 \text{ Kg} * 542,74 \text{ Kcal/Kg}$$

$$Q_{\text{Latente}} = 706,10 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{Total}} = 85,67 \text{ Kcal} + 706,10 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{Total}} = 791,77 \text{ Kcal} = 3312,77 \text{ KJ}$$

2.7.2.2 Balance de energía en el proceso de esterilización

$$Q_{\text{Sensible}} = m C_p \Delta T$$

Entonces aplicando al proceso:

$$Q_{\text{sensible}} = MHE * C_{p_{\text{Residuos}}} * (T_{\text{Final}} - T_{\text{inicial}}) + MAE2 * C_{p_{\text{H}_2\text{O}}} * (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}})$$

Donde los datos son:

$$MHE = 465,117 \text{ g} = 0,465 \text{ Kg}$$

$$MAE2 = 10,698 \text{ g} = 0,012 \text{ Kg}$$

$$T_{\text{final}} = 121 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{inicial}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

Entonces:

$$Q_{\text{Sensible}} = 0,465 \text{ Kg} * 0,339 \text{ Kcal/Kg }^\circ\text{C} * (121 - 20) \text{ }^\circ\text{C} + 0,012 \text{ Kg} * 1 \text{ Kcal/Kg }^\circ\text{C} * (121 - 20) \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{Sensible}} = 17,13 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{Latente}} = 0,012 \text{ Kg} * 542,74 \text{ Kcal/Kg}$$

$$Q_{\text{Latente}} = 6,513 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{Total}} = 23,64 \text{ Kcal} = 98,91 \text{ KJ}$$

2.7.2.3 Balance de energía en el proceso de secado 2

$$Q_{\text{Sensible}} = m C_p \Delta T$$

Entonces aplicando al proceso:

$$Q_{\text{sensible}} = MMD * C_{p_{\text{Residuos}}} * (T_{\text{Final}} - T_{\text{inicial}}) + MAE3 * C_{p_{\text{H}_2\text{O}}} * (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}})$$

$$Q_{\text{latente}} = MAE * \lambda_{\text{H}_2\text{O}}$$

Donde los datos son:

$$MMD = 882,76 \text{ g} = 0,883 \text{ Kg}$$

$$MAE3 = 170,857 \text{ g} = 0,171 \text{ Kg}$$

$$T_{\text{final}} = 65 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{inicial}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda_{\text{H}_2\text{O}} = 542,74 \text{ Kcal/Kg}$$

Entonces:

$$Q_{\text{Sensible}} = 0,883 \text{ Kg} * 0,339 \text{ Kcal/Kg }^{\circ}\text{C} * (65 - 20) \text{ }^{\circ}\text{C} + 0,171 \text{ Kg} * 1 \text{ Kcal/Kg }^{\circ}\text{C} * (65 - 20) \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{Sensible}} = 21,16 \text{ Kcal}$$

De la misma forma se encuentra el calor latente:

$$Q_{\text{Latente}} = 0,171 \text{ Kg} * 542,74 \text{ Kcal/Kg}$$

$$Q_{\text{Latente}} = 92,81 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{Total}} = 21,16 \text{ Kcal} + 92,81 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{Total}} = 113,97 \text{ Kcal} = 476,85 \text{ KJ}$$

Por otro lado, es importante determinar el cálculo de energía consumida en función de la potencia de cada equipo empleado durante la ejecución de la fase experimental, de esta forma más adelante se puede calcular el costo de operación.

Sabiendo que la potencia eléctrica es la cantidad de energía desarrollada o consumida por un equipo en una unidad de tiempo se define su expresión matemática de la siguiente forma:

Ecuación II-7 Potencia eléctrica

$$P = I * V$$

Donde:

P: potencia eléctrica (W)

I: intensidad de la corriente (A)

V: diferencia de potencial (V)

Ahora bien, basándose en la ecuación anterior se puede tener la fórmula para calcular la energía eléctrica:

Ecuación II-8 Energía eléctrica

$$E = P * t$$

Donde:

E: energía eléctrica (kWh)

P: potencia eléctrica (kW)

t: tiempo de operación (h)

A continuación, se presentan las condiciones de operación en las que se hizo uso de cada equipo. Las potencias de cada equipo fueron adquiridas de las placas de información de cada uno. ANEXO A

Tabla II-17 Condiciones de operación en el secado, molienda, esterilización, mezclado y segundo secado

EQUIPO	POTENCIA (kW)	TIEMPO DE OPERACIÓN
Estufa de secado	2	36 h
Molino de Martillos	1	0,33 h
Estufa de secado y esterilización	1,6	0,25 h

EQUIPO	POTENCIA (kW)	TIEMPO DE OPERACIÓN
Agitador vertical	0,045	0,08 h
Estufa de secado	2	5 h

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

Entonces los valores son:

$$E_{\text{estufa}} = P_{\text{estufa}} * \text{top estufa}$$

$$E_{\text{estufa}} = 2 \text{ kW} * 36 \text{ h} = 72 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{molino}} = P_{\text{molino}} * \text{top molino}$$

$$E_{\text{molino}} = 1 \text{ kW} * 0,33 \text{ h} = 0,33 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{esterilización}} = P_{\text{esterilización}} * \text{top esterilización}$$

$$E_{\text{esterilización}} = 1,6 \text{ kW} * 0,25 \text{ h} = 0,4 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{agitador}} = P_{\text{agitador}} * \text{top agitador}$$

$$E_{\text{agitador}} = 0,045 \text{ kW} * 0,08 \text{ h} = 0,184 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{estufa}} = P_{\text{estufa}} * \text{top estufa}$$

$$E_{\text{estufa}} = 2 \text{ kW} * 5 \text{ h} = 10 \text{ kWh}$$

2.8 Determinación del rendimiento del proceso

Para determinar el rendimiento de toda la elaboración de alimento balanceado se aplica la siguiente ecuación:

Ecuación II-9 Rendimiento del proceso

$$\% \text{ Rend} = (\text{Masa Final} / \text{Masa Inicial}) * 100$$

En donde la masa inicial es la cantidad de materia prima, es decir masa de los residuos orgánicos sólidos y la masa final es la cantidad de alimento balanceado obtenido:

$$\% Rend = \frac{711,9 \text{ g}}{1800 \text{ g}} * 100 = 39,55 \%$$

Los rendimientos de cada experimento realizado se presentan en el Capítulo III Análisis y Discusión de Resultados.

2.9 Caracterización del Producto Final

Para realizar la caracterización del producto final, alimento balanceado, inicialmente se requirió saber cuál de los alimentos obtenidos en cada ensayo contenía la cantidad de proteína apropiada, puesto que esta variable respuesta es la más importante a la hora de seleccionar el proceso con condiciones más adecuadas.

Por ello, se enviaron muestras obtenidas para cada ensayo realizado a distintas condiciones al Centro de Análisis Investigación y Desarrollo CEANID, de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, para que se realice el análisis de proteína correspondiente.

Tras seleccionar el alimento que presenta una proteína dentro del parámetro establecido, se envió una muestra al CEANID para que se realicen los análisis establecidos por la Norma Boliviana NB-550 “Alimentos balanceados para animales – Alimentos para porcinos - Requisitos”. ANEXO C.

CAPTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

3.1.1 Determinación de impureza de la materia prima

En cuanto a la cantidad de impurezas obtenidas, se tomaron valores de cuatro muestras de 1 800 g de materia prima y se retiraron todos los residuos perjudiciales, dañados y muy duros, determinando así los resultados que se presentan a continuación:

Tabla III-1 Determinación de pureza de la materia prima

Muestra	Muestra original (g)	Muestra limpia (g)	Impureza (%)	Pureza (%)
1	1 800	1 781,466	1,030	98,970
2	1 800	1 778,238	1,209	98,791
3	1 800	1 766,768	1,846	98,154
4	1 800	1 787,553	0,692	99,308

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

De acuerdo a la tabla anterior, los valores de impureza de todas las muestras se encuentran dentro del parámetro permitido 2 % y cumpliendo una pureza mayor al 98 %. Por lo que se demuestra que la materia prima es apta para emplearse en la elaboración de alimento balanceado para porcinos.

3.1.2 Determinación de humedad de la materia prima

Para determinar la cantidad de humedad de la materia prima, se tomaron 50 g de muestra y se procedió a seguir el procedimiento explicado en el ANEXO B.

Tabla III-2 Determinación de humedad de la materia prima

Muestra	Muestra (g)	Peso del plato	
		+ muestra seca (g)	Humedad (%)
2	50,046	22,511	71,093
3	50,009	20,422	75,248
4	50,015	20,683	74,730
7	50,001	20,711	74,667

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

De acuerdo a los valores obtenidos de la Tabla III-2, se determina que la humedad de la materia prima se encuentra en un porcentaje promedio de 73,934 %. Finalmente, la humedad del alimento no representa ningún beneficio nutricional para el cerdo, por lo que típicamente la elaboración de alimento balanceado se lo realizó en base seca.

3.1.3 Análisis de pH de la materia prima

Para la determinación del pH de la materia prima, se mandó la muestra al laboratorio CEANID para su respectivo análisis. ANEXO F.

Tabla III-3 Valor de pH de la materia prima

Muestra	pH
Residuos orgánicos sólidos del Mercado Central	5,21

Fuente: (Elaboración propia en base a Resultados de Análisis, 2021)

Para Larrañaga, et. al. (1998), se consideran como alimentos de acidez baja aquellos que poseen un pH superior a 5,2. El pH de los residuos orgánicos sólidos cae en este rango donde se encuentran normalmente las carnes, algunas frutas y algunos vegetales.

3.1.4 Análisis microbiológico de la materia prima

Se realizó un análisis microbiológico de los residuos orgánicos sólidos del mercado central, usados como materia prima para la elaboración de alimento balanceado para porcinos, con el objetivo de verificar la ausencia de microorganismos patógenos e indeseados como son las bacterias aerobias mesófilas, los coliformes totales y coliformes fecales. Los resultados de estos análisis se muestran en la siguiente Tabla III-4.

Tabla III-4 Resultados del análisis microbiológico de la materia prima

Análisis microbiológico	Residuos orgánicos sólidos del mercado central
Enumeración de coliformes totales (UFC/g)	1,5 x 10 ⁴
Enumeración de coliformes fecales (UFC/g)	3,16 x 10 ²
Bacterias aerobias mesófilas (UFC/g)	4,8 x 10 ⁷

Fuente: (Elaboración propia en base a Resultados de Análisis, 2021)

Como observamos, los resultados del análisis microbiológico de los residuos orgánicos sólidos del mercado central muestran la presencia de coliformes totales, fecales y bacterias aerobias mesófilas, lo cual muestra un inconveniente en el empleo de dichos residuos como materia prima para la elaboración de alimento balanceado para porcinos.

ANEXO F.

A fin de solucionar este problema, se optó por realizar una previa esterilización a la materia prima y se realizó nuevamente un análisis microbiológico a los residuos orgánicos sólidos esterilizados.

Tabla III-5 Resultados del análisis microbiológico de la materia prima esterilizada

Análisis microbiológico	Residuos orgánicos sólidos del mercado central
Enumeración de coliformes totales (UFC/g)	$< 1,0 \times 10^1$ (*)
Enumeración de coliformes fecales (UFC/g)	$< 1,0 \times 10^1$ (*)
Mohos y levaduras	$< 1,0 \times 10^1$ (*)
(*) : No se observa desarrollo de colonias	

Fuente: (Elaboración propia en base a Resultados de Análisis, 2022)

Así mismo, en el análisis realizado a los residuos orgánicos sólidos se determinó la ausencia de mohos y levaduras, coliformes totales y coliformes fecales, lo cual demostró la viabilidad del empleo de los residuos orgánicos sólidos para el proceso. ANEXO H.

3.1.5 Análisis proximal de la materia prima

El propósito principal de un análisis proximal es determinar el contenido de humedad, grasa, fibra, hidratos de carbono, proteína y cenizas en un alimento, estos parámetros se usan comúnmente para evaluar el valor nutritivo y para determinar cómo puede ser combinado de la mejor forma con otras materias primas para alcanzar el nivel deseado de los distintos componentes de una dieta.

En la siguiente Tabla III-6 se presenta los resultados del análisis proximal de los residuos orgánicos sólidos del mercado central. ANEXO F.

Tabla III-6 Resultados de la caracterización de la materia prima

Análisis	Unidad	Resultados obtenidos	Método de Ensayo	Normas Bolivianas
Humedad	%	4,65	Gravimetría, Método de Secado en Estufa	NB 38027:06
Proteína	%	19,54	Volumetría, Método Kjeldahl	NB/ISO 8968- 1:08
Grasa	%	17,12	Gravimetría, Extracción Soxhlet.	NB 313019:06
Fibra cruda	%	0,99	Gravimetría, Doble Hidrolisis Acida- Alcalina	NB-104-75
Ceniza	%	8,83	Gravimetría	NB 39034:10
Hidratos de carbono	%	48,87	Determinación por diferencia de pesos	-
Fósforo	mg P/100 g	3429,6	-	SM 4500-P-D
Valor energético	kcal/100 g	431,72	Cálculo	-

Fuente: (Elaboración propia en base a Resultados de Análisis, 2021)

Para Myers, et al. (1999), los residuos de alimentos en base seca tienen un contenido de nutrientes variable, que generalmente se encuentran en niveles deseados para la alimentación de cerdos.

Tabla III-7 Resultados de proteína de la materia prima esterilizada

Análisis	Unidad	Resultados obtenidos	Método de Ensayo	Normas Bolivianas
Proteína	%	8,03	Volumetría, Método Kjeldahl	NB/ISO 8968-1:08
Proteína	%	7,08	Volumetría, Método Kjeldahl	NB/ISO 8968-1:08

Fuente: (Elaboración propia en base a Resultados de Análisis, 2022)

Como vemos la proteína de la materia prima después del proceso de esterilización no se encuentra en un valor nutricional requerido para balanceados, por ello es recomendado combinarlo con otros componentes para obtener un alimento con un mejor balance nutricional. ANEXO H.

3.1.6 Comparación de la materia prima seca y esterilizada con los requerimientos del alimento balanceado para porcinos

Al hacer la comparación de la materia prima seca y esterilizada, observamos que el nivel de proteína de la materia prima (7 % - 8 %) es menor que la requerida del alimento balanceado para porcinos para varias etapas de la especie animal (15 %, 16 %, 17 %, 18 %, 22 %), lo cual demuestra la necesidad de emplear insumos que favorezcan la calidad del alimento balanceado.

También se observa valores altos de extracto etéreo en la materia prima (17,12 %) respecto al alimento balanceado que indica como valor mínimo de (2 %), lo cual es bueno debido a que en el caso del extracto etéreo es deseable ya que representa una mayor ingesta de lípidos que puedan formar posteriormente grasa en el cuerpo del animal.

El porcentaje de ceniza en la materia prima (8,83 %) se encuentra dentro del máximo permitido (10 %), al igual que la fibra (0,99 %) siendo el máximo permitido (10 %).

La humedad máxima del alimento balanceado es de (13 %), el valor de la materia prima se encuentra por debajo con un (4,65 %), por otro lado, el porcentaje de hidratos de carbono es ligeramente menor en la materia prima (48,87 %) que el del alimento balanceado (50 % - 65 %).

3.2 RESULTADOS DEL DESARROLLO DEL PROCESO EXPERIMENTAL

3.2.1 Resultados del Proceso de Secado

El registro del tiempo de secado de la muestra y el registro de la variación de la masa se muestran a continuación, considerando como ejemplo inicial el experimento N° 4.

Tabla III-8 Variación de masa en función del tiempo para 65 °C en 36 h

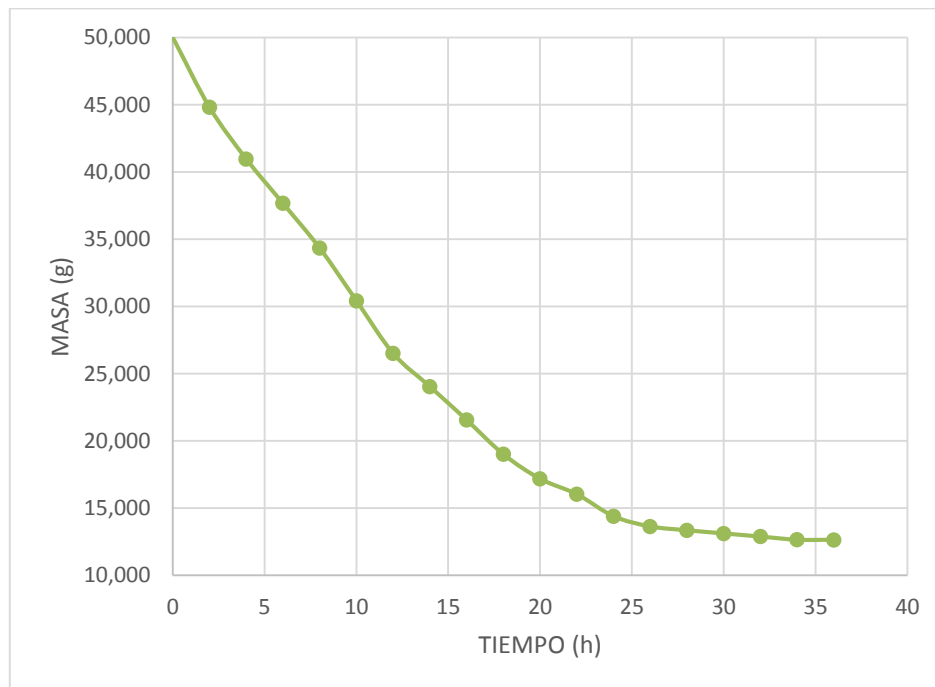
N°	TIEMPO (h)	MASA (g)
1	0	50,009
2	2	44,818
3	4	40,973
4	6	37,669
5	8	34,339

N°	TIEMPO (h)	MASA (g)
6	10	30,422
7	12	26,504
8	14	24,039
9	16	21,556
10	18	19,006
11	20	17,177
12	22	16,033
13	24	14,392
14	26	13,634
15	28	13,347
16	30	13,113
17	32	12,879
18	34	12,645
19	36	12,639

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

A continuación, se presenta la curva de variación de masa durante el proceso de secado en función del tiempo a 65° C en 36 horas.

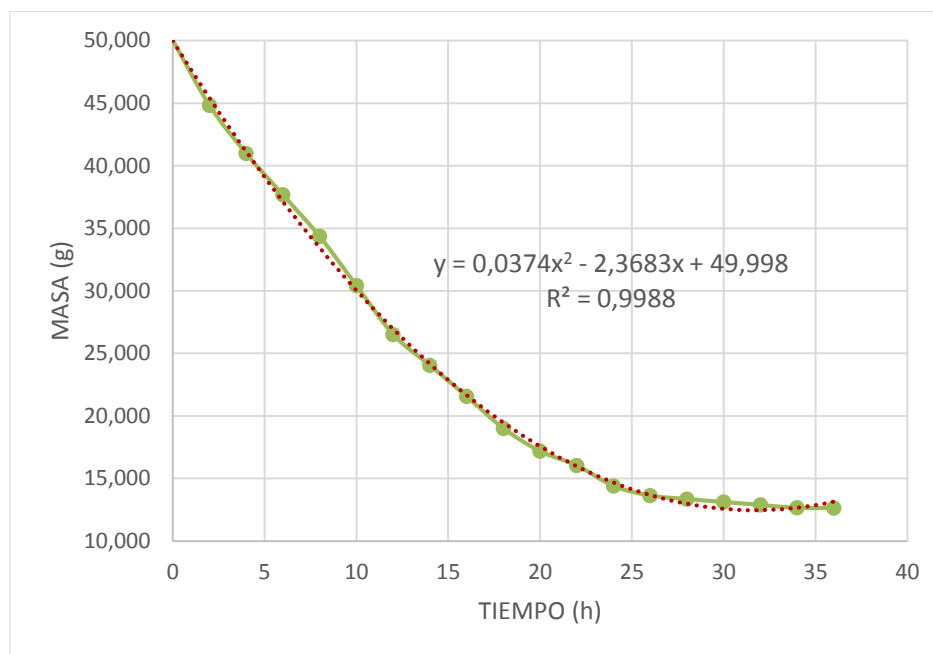
Figura 3-1 Curva de variación de masa en función del tiempo para 65 °C en 36 h



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Para encontrar la ecuación que represente la variación de la masa en respecto al tiempo se debe tomar un modelo matemático. En este sentido, se proyecta una curva de tendencia que se ajuste a los datos obtenidos, a fin de hallar la ecuación resultante a la variación respecto al tiempo:

Figura 3-2 Ajuste de la curva para la variación de masa en función del tiempo para 65 °C en 36 h



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Entonces, la ecuación resultante que se ajusta a la variación de masa respecto al tiempo es:

Ecuación III-1 Ecuación de ajuste de la curva de pérdida de humedad en función del tiempo

$$y = 0,0374 x^2 - 2,3683 x + 49,998$$

Como se puede observar, el ajuste de $R^2 = 0,9988$ valor que es un buen ajuste de la curva respecto a los datos.

El contenido de humedad determinado de la materia prima original se puede expresar de dos formas: base seca (Xbs) y base húmeda (Xbh)

3.2.1.1 Determinación de la Humedad en Base Seca

Compara la masa de agua que contiene un material sólido con su masa seca. Para conocer el contenido de humedad expresada en base seca se sigue la siguiente fórmula de Humedad Expresada en Base Seca (Martines & Leonel, 2010) entonces para el primer valor se tiene:

Ecuación III-2 Humedad en base seca

$$X_{bs} = \frac{m_{H_2O}}{m_s}$$

$$X_{bs} = \frac{50,009 \text{ g} - 12,639 \text{ g}}{12,639 \text{ g}} = 2,957$$

Tabla III-9 Variación de la humedad expresada en base seca del proceso de secado de residuos orgánicos sólidos a 65° C y 36 h

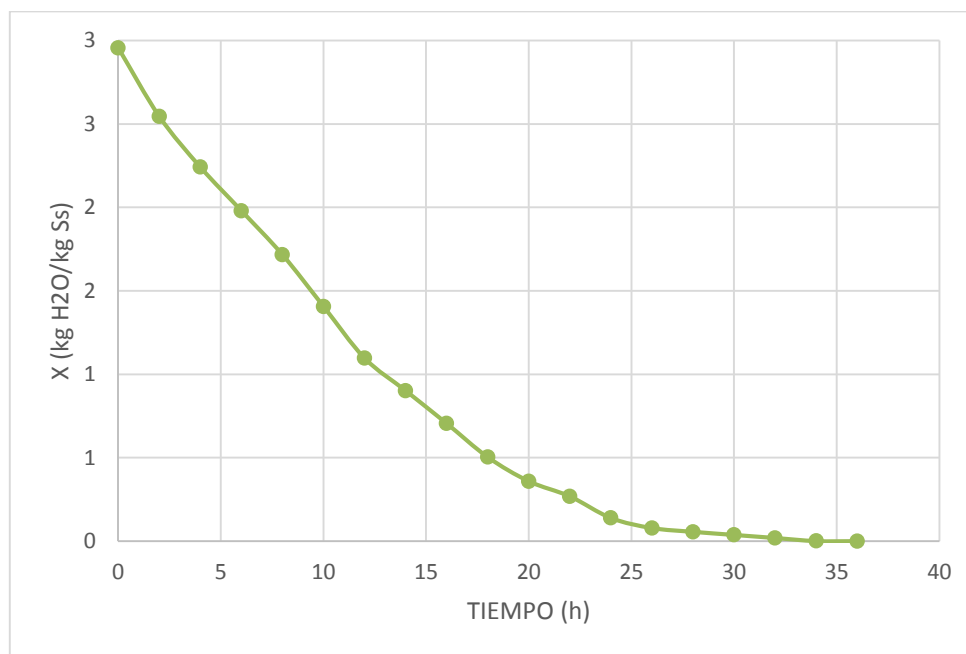
N°	TIEMPO (h)	MASA (g)	X (kg H ₂ O/kg Ss)
1	0	50,009	2,957
2	2	44,818	2,546
3	4	40,973	2,242
4	6	37,669	1,980
5	8	34,339	1,717
6	10	30,422	1,407
7	12	26,504	1,097

N°	TIEMPO (h)	MASA (g)	X (kg H ₂ O/kg Ss)
8	14	24,039	0,902
9	16	21,556	0,706
10	18	19,006	0,504
11	20	17,177	0,359
12	22	16,033	0,269
13	24	14,392	0,139
14	26	13,634	0,079
15	28	13,347	0,056
16	30	13,113	0,038
17	32	12,879	0,019
18	34	12,645	0,000
19	36	12,639	0,000

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Del mismo modo, se plasma la representación gráfica de la cantidad de humedad expresada en base seca en función del tiempo:

Figura 3-3 Curva de variación de la humedad expresada en base seca del proceso de secado de residuos orgánicos sólidos a 65° C y 36 h



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Como se muestra en la figura 3-3 inicialmente la curva presenta un comportamiento de pérdida de humedad casi lineal; sin embargo, al final de la curva se observa que la pérdida es más atenuada debido a que para este instante sólo queda agua no ligada.

3.2.1.2 Determinación de la Humedad en Base Húmeda

Representa el porcentaje de masa de agua que contiene la muestra respecto a su masa total. Para expresar el contenido de humedad durante el proceso de secado en base húmeda se considera la siguiente fórmula de Humedad Expresada en Base Húmeda (Martines & Leonel, 2010) siendo para el primer valor:

Ecuación III-3 Humedad en base húmeda

$$\%Xbh = \frac{m_{H_2O}}{m_S + m_{H_2O}} * 100$$

$$\%Xbh = \frac{50,009 \text{ g} - 12,639 \text{ g}}{50,009 \text{ g}} * 100 = 74,726 \%$$

Es importante resaltar que, el contenido en base húmeda puede expresarse tanto kg H₂O/kg sólido húmedo como en porcentaje de masa de agua que contiene la muestra respecto a su masa total, mientras que el contenido de humedad con base seca sólo tiene sentido si se expresa en decimal, puesto que se trata de una relación entre componentes del material.

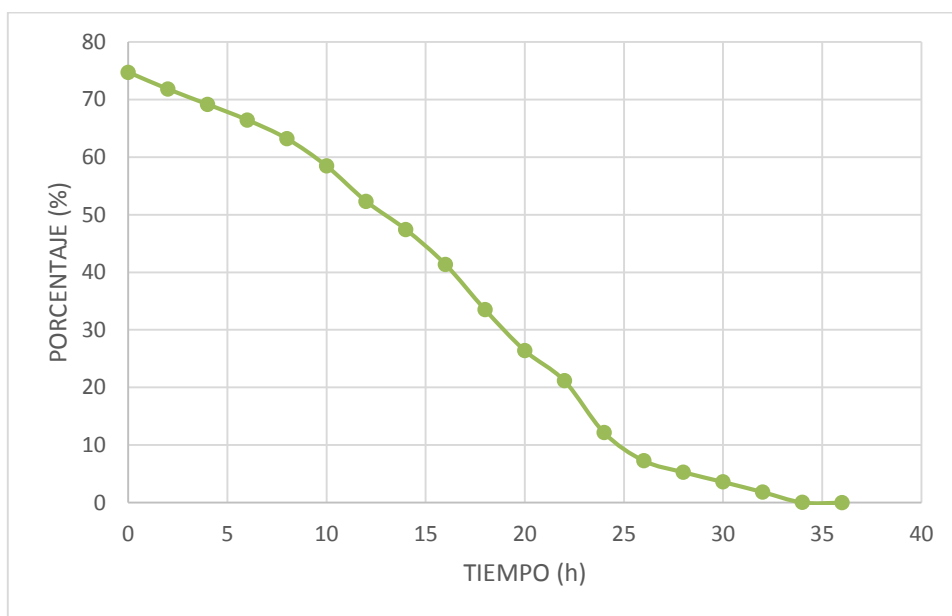
Tabla III-10 Variación de la humedad expresada en base húmeda del proceso de secado de residuos orgánicos sólidos a 65 °C y 36 h

N°	TIEMPO (h)	MASA (g)	X (kg H₂O/kg Sh)	PORCENTAJE (%)
1	0	50,009	0,747	74,727
2	2	44,818	0,718	71,799
3	4	40,973	0,692	69,153
4	6	37,669	0,664	66,447
5	8	34,339	0,632	63,194
6	10	30,422	0,585	58,454
7	12	26,504	0,523	52,314
8	14	24,039	0,474	47,423
9	16	21,556	0,414	41,367
10	18	19,006	0,335	33,500
11	20	17,177	0,264	26,419
12	22	16,033	0,212	21,169

N°	TIEMPO (h)	MASA (g)	X (kg H ₂ O/kg Sh)	PORCENTAJE (%)
13	24	14,392	0,122	12,180
14	26	13,634	0,073	7,298
15	28	13,347	0,053	5,305
16	30	13,113	0,036	3,615
17	32	12,879	0,019	1,863
18	34	12,645	0,000	0,047
19	36	12,639	0,000	0,000

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Figura 3-4 Curva de variación del contenido de humedad expresada en base húmeda del proceso de secado de residuos orgánicos sólidos a 65° C y 36 h



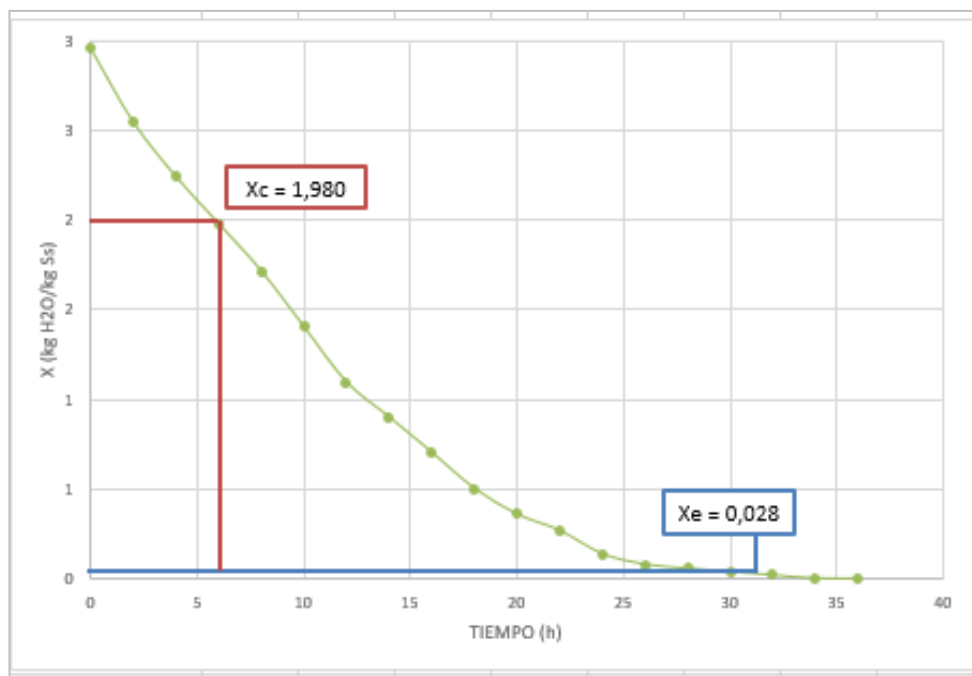
Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

En la figura 3-4 se puede observar que inicialmente la pérdida de agua es paulatina, lo que se explica por el calentamiento de la muestra, posteriormente existe una mayor pérdida de agua debido a la evaporación del agua hasta que se alcanza un punto de equilibrio en donde no existe más agua a eliminar.

3.2.1.3 Determinación de la Humedad Crítica y Humedad de Equilibrio

Partiendo de la gráfica de la humedad expresada en base seca en función del tiempo en condiciones de 65° C y 36 h, se obtiene que:

Figura 3-5 Determinación de la humedad crítica y humedad de equilibrio



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

La gráfica permite conocer el periodo en el que la velocidad de secado se mantiene constante y el periodo en el que la velocidad de secado decrece, estos periodos se denominan antecrítico y postcrítico respectivamente.

La humedad desciende por debajo de la humedad crítica X_c , se debe a que en el sólido no se encuentra agua superficial que llegue a mantener eliminación del agua constante. En ese momento, se comienza a eliminar el agua ligada del sólido, puesto que el transporte de humedad se da desde el interior del sólido hasta la superficie, hasta llegar a la humedad de equilibrio X_e , en donde la presión de vapor existente es igual a la presión de vapor de agua del medio que lo rodea.

3.2.1.4 Resultados finales del proceso de secado de la materia prima

A simple vista se podría deducir que es conveniente trabajar con temperaturas más altas para conseguir menores tiempos de secado; sin embargo, estas temperaturas pueden dañar las propiedades nutritivas de los residuos orgánicos sólidos como se mencionó en apartado 1.5.6.1.1.

Tabla III-11 Resultados del proceso de secado de la materia prima

Factor	Valor obtenido
Masa inicial de la materia prima	1 800 g
Temperatura óptima de secado	65 °C
Tiempo óptimo de secado	36 h
Masa aproximada de la materia prima a la salida del secado	450 g

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Tabla III-12 Resultados del proceso de secado de la materia prima en cada prueba

N° de Prueba	Masa inicial de materia prima (g)	Masa de materia prima a la salida del secado (g)
1	1 781,466	358,219
2	1 778,238	472,355
3	1 766,768	430,872
4	1 787,553	471,206
5	1 800	476,753
6	1 800	476,753
7	1 800	464,205
8	1 800	407,194
9	1 800	410,230

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

3.2.2 Resultados del Proceso de Molienda

La molienda realizada en el molino de martillos presentó pocas pérdidas; cabe recalcar que los resultados están expresados de acuerdo a la masa inicial utilizada en el secado de residuos, es decir 1800 g, la cual se redujo aproximadamente a 450 g en la fase de secado.

Tabla III-13 Resultados del proceso de molienda de los residuos orgánicos sólidos para cada experimento

N° Prueba	Masa inicial (g)	Masa Final (g)	Perdidas (g)	Rendimiento (%)
1	358,219	341,809	16,41	95,42
2	472,355	458,193	14,16	97,00
3	430,872	409,763	21,11	95,10
4	471,206	462,653	8,55	98,18
5	476,753	464,533	12,22	97,44
6	476,753	464,533	12,22	97,44
7	464,205	456,18	8,02	98,27
8	407,194	407,044	0,15	99,96
9	410,230	400,644	9,59	97,66

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Tabla III-14 Resultados del proceso de molienda de los residuos orgánicos sólidos para réplicas

N° Prueba	Masa inicial (g)	Masa Final (g)	Perdidas (g)	Rendimiento (%)
1	358,219	341,809	16,41	95,42
2	472,355	458,193	14,16	97,00
3	430,872	409,763	21,11	95,10
4	471,206	462,653	8,55	98,18
5	476,753	464,533	12,22	97,44
6	476,753	464,533	12,22	97,44
7	464,205	456,18	8,02	98,27
8	407,194	407,044	0,15	99,96
9	410,230	400,644	9,59	97,66

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

De acuerdo a la tabla anterior, se puede apreciar que el rendimiento del proceso de molienda fue óptimo. El rendimiento más bajo fue del experimento N° 3 con un rendimiento de 95,10 %. Por otra parte, el rendimiento más alto en el proceso de molienda se dio en los ensayos N° 7 y N° 8.

3.2.3 Resultados del Proceso de Esterilización

Para el proceso de esterilización inicialmente se determinó la temperatura y el tiempo adecuado para su ejecución, siendo la temperatura óptima de esterilización 121 °C y el tiempo de 15 minutos.

Ahora bien, partiendo de los resultados obtenidos en la molienda, se determinaron las pérdidas del proceso de esterilización para cada prueba realizada.

Tabla III-15 Resultados del proceso de esterilización de los residuos orgánicos sólidos

N° Prueba	Masa inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdidas (g)	Rendimiento (%)
1	341,809	330,760	11,05	96,77
2	458,193	447,100	11,09	97,58
3	409,763	400,120	9,64	97,65
4	462,653	454,036	8,62	98,14
5	464,533	452,782	11,75	97,47
6	464,533	452,782	11,75	97,47
7	456,18	449,010	7,17	98,43
8	407,044	399,820	7,22	98,23
9	400,644	390,628	10,02	97,50

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Tabla III-16 Resultados del proceso de esterilización de los residuos orgánicos sólidos para réplicas

N° Prueba	Masa inicial (g)	Masa Final (g)	Perdidas (g)	Rendimiento (%)
1	341,809	330,760	11,05	96,77
2	458,193	447,100	11,09	97,58
3	409,763	400,120	9,64	97,65
4	462,653	454,036	8,62	98,14
5	464,533	452,782	11,75	97,47
6	464,533	452,782	11,75	97,47
7	456,18	449,010	7,17	98,43
8	407,044	399,820	7,22	98,23
9	400,644	390,628	10,02	97,50

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Tal como se presentan en las tablas, el rendimiento del proceso de esterilización fue óptimo, presentando rendimientos mayores al 96 % en todas las pruebas realizadas.

3.2.4 Resultados del Proceso de Dosificación y Mezclado

Para ello se probaron combinaciones empleando los insumos de: afrecho de trigo y melaza. Se realizaron 9 tratamientos con sus respectivas repeticiones, las dosificaciones fueron añadidas en base al diseño factorial realizado en el punto 2.5.2. La muestra de materia prima esterilizada fue dividida en dos partes para realizar su repetición correspondiente.

Tabla III-17 Resultados del proceso de dosificación y mezclado

Nº Prueba	Masa inicial (g)	Masa inicial dividida (g)	Dosificación Afrecho de Trigo (%)	Dosificación Melaza (%)	Masa Final dosificada (g)
1	330,760	165,380	20	10	392,350
		165,581	20	10	378,610
2	447,100	223,520	30	10	498,749
		223,580	30	10	552,499
3	400,120	199,910	20	20	410,289
		200,210	20	20	371,349
4	454,036	224,843	30	20	473,499
		229,193	30	20	482,399
5	452,782	226,391	40	10	445,625
		226,400	40	10	444,789
6	452,782	226,391	30	15	397,742
		226,396	30	15	399,657
7	449,010	224,511	40	20	436,38
		225,564	40	20	463,311

N° Prueba	Masa inicial (g)	Masa inicial dividida (g)	Dosificación Afrecho de Trigo (%)	Dosificación Melaza (%)	Masa Final dosificada (g)
8	399,820	199,910	40	15	399,500
		200,946	40	15	399,935
9	390,628	195,314	20	15	388,726
		195,317	20	15	389,543

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Una vez obtenida la muestra dosificada para cada prueba, se envió cada producto al CEANID para ser analizada en cuanto a su calidad de proteína y determinar el alimento balanceado más adecuado para la alimentación de porcinos.

Tabla III-18 Resultados del proceso de dosificación

N° de Prueba	Dosificación Afrecho de Trigo (%)	Dosificación Melaza (%)	Variable respuesta (Proteína)
1	20	10	12,97
2	30	10	16,64
3	20	20	15,72
4	30	20	18,57

N° de Prueba	Dosificación Afrecho de Trigo (%)	Dosificación Melaza (%)	Variable respuesta (Proteína)
5	40	10	17,72
6	30	15	15,6
7	40	20	17,21
8	40	15	14,54
9	20	15	14,35

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Para una mejor visualización de los valores obtenidos se procede a ordenar la tabla de acuerdo a las dosificaciones del diseño factorial.

Tabla III-19 Resultados ordenados en base al diseño factorial

N° de Prueba	Dosificación Afrecho de Trigo (%)	Dosificación Melaza (%)	Variable respuesta (Proteína)
1	20	10	12,97
2	20	15	14,35
3	20	20	15,72
4	30	10	16,64

N° de Prueba	Dosificación Afrecho de Trigo (%)	Dosificación Melaza (%)	Variable respuesta (Proteína)
5	30	15	15,6
6	30	20	18,57
7	40	10	17,72
8	40	15	14,54
9	40	20	17,21

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

A partir de los resultados obtenidos, se determinó la combinación más adecuada para la alimentación de los cerdos, cabe mencionar que para la selección se tomó en cuenta el resultado con mayor valor de proteína. Asimismo, se observó que para las distintas dosificaciones de afrecho de trigo el valor de la proteína no tiene una alta variación, por ello se seleccionó como la combinación adecuada la prueba N° 4 (Tabla III-18) ya que presenta una mejor calidad de proteína a una dosificación promedio de afrecho de trigo y un mayor contenido de melaza, material de alto valor nutricional para los cerdos por poseer vitaminas, sales, minerales y mejorar las propiedades organolépticas del producto, además de ser una fuente energética importante.

3.2.5 Resultados del Proceso de Secado

Para el secado final, la cantidad de alimento balanceado fue de 450 g aproximadamente para cada experimento, sin embargo, se usó una fracción representativa para el control de secado de 25 g la cual se fue pesando y registrando en intervalos de 1h.

El registro del tiempo de secado del alimento balanceado y el registro de la variación de la masa se muestra a continuación, considerando como ejemplo el experimento N°

4 (30 % afrecho de trigo; 20 % melaza) puesto que a estas condiciones se obtuvo un alimento balanceado adecuado para porcinos y dentro del parámetro de humedad correspondiente.

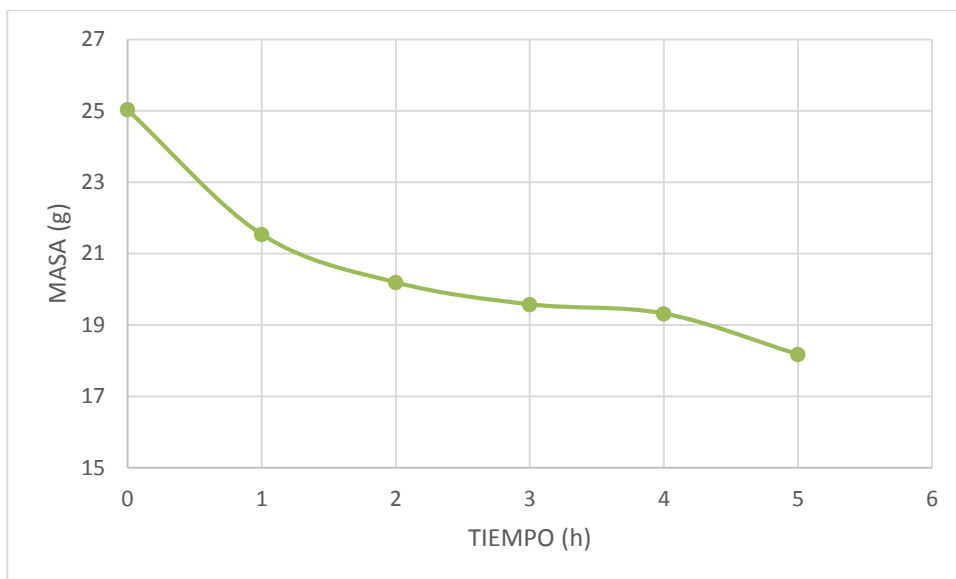
Tabla III-20 Variación de masa en función del tiempo para 65 °C en 5 h

N°	Tiempo (h)	Masa (g)
1	0	25,032
2	1	21,542
3	2	20,193
4	3	19,578
5	4	19,319
6	5	18,176

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

A continuación, se presenta la curva de variación de masa durante el proceso de secado en función del tiempo a 65 °C y 5 h.

Figura 3-6 Curva de variación de masa en función del tiempo a 65 °C y 5h



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Del mismo modo que en el primer secado para encontrar la ecuación que represente la variación de la masa en respecto al tiempo se debe tomar un modelo matemático que se ajuste a la curva; en este sentido, se proyecta una curva de tendencia que se ajuste a los datos obtenidos, a fin de hallar la ecuación resultante a la variación respecto al tiempo.

3.2.5.1 Resultados finales del proceso de secado del alimento balanceado

Tabla III-21 Resultados del proceso de secado del alimento balanceado

Factor	Valor obtenido
Masa inicial de la materia prima	450 g
Temperatura óptima de secado	65 °C
Tiempo óptimo de secado	5 h

Factor	Valor obtenido
Masa aproximada de la materia prima a la salida del secado	300 g

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Tabla III-22 Resultados del proceso de secado del alimento balanceado en cada prueba

N° de Prueba	Masa inicial de alimento balanceado (g)	Masa de alimento balanceado a la salida del secado (g)
1	392,35	219,264
	378,61	221,315
2	498,749	313,612
	552,499	310,444
3	410,289	285,441
	371,349	272,84
4	473,499	328,762
	482,399	334,502
5	445,625	349,593
	444,789	350,651

N° de Prueba	Masa inicial de alimento balanceado (g)	Masa de alimento balanceado a la salida del secado (g)
6	397,742	312,029
	399,657	314,19
7	436,38	414,11
	463,311	407,962
8	399,5	309,128
	399,935	316,78
9	388,726	299,319
	389,543	299,948

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

3.3 RESULTADOS DEL BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA

3.3.1 Balance de Materia

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada fase del proceso de la elaboración de alimento balanceado para porcinos:

Tabla III-23 Resultados obtenidos en el balance de materia de la elaboración de alimento balanceado

Proceso	Masa de Residuo en la entrada (g)	Masa de Residuo a la Salida (g)
Recepción y selección	1800	1778,4
Secado	1778,4	477,533
Molienda	477,533	465,117
Esterilización	465,117	454,419
Dosificación y mezclado	454,419	882,76
Secado	882,76	711,9
Envasado	711,9	711,9

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

3.3.2 Balance de Energía

Los resultados obtenidos del balance de energía son:

Tabla III-24 Resultados obtenidos en el balance de energía de la elaboración de alimento balanceado

Proceso	Calor sensible	Calor latente	Calor total
Secado 1	358,44 KJ	2954,32 KJ	3312,77 KJ
Esterilización	71,67 KJ	27,25 KJ	98,91 KJ

Proceso	Calor sensible	Calor latente	Calor total
Secado 2	88,53 KJ	38831,70 KJ	476,85 KJ

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

Asimismo, se presenta los resultados del consumo energético en los siguientes procesos:

Tabla III-25 Energía consumida en los procesos de secado, molienda, esterilización, mezclado y segundo secado del alimento balanceado

Proceso	Energía Consumida (kWh)
Secado	72
Molienda	0,33
Esterilización	0,4
Mezclado	0,0036
Secado	10

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

3.4 RESULTADOS DEL RENDIMIENTO DEL PROCESO

Por otro lado, se presentan los rendimientos obtenidos en cada uno de los experimentos realizados, así como en sus respectivas réplicas.

Tabla III-26 Resultados del rendimiento de cada ensayo

N° EXP	RENDIMIENTO (%)
1	24,48
2	34,67
3	31,01
4	36,85
5	38,90
6	34,79
7	45,67
8	34,77
9	33,29

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Los resultados de cada experimento constatan que los procesos que presentaron mayores rendimientos fueron el experimento N° 4, N° 5 y N °7.

Por otro lado, los procesos que presentan los menores rendimientos son el proceso N° 1 y N° 3. Cabe mencionar que el rendimiento del proceso es menor con relación a otros procesos de obtención de alimentos balanceados, como lo es el presentado por Chachapoya, D. L. (2014), donde indica que se mantiene una producción no menos al 77,11 %. En el presente trabajo el rendimiento del proceso es bajo debido a que la materia prima empleada son residuos orgánicos sólidos, los cuales al tener un alto contenido de humedad y presentar coliformes requieren de procesos adicionales (secado y esterilización) antes de iniciar con el proceso de obtención de alimento balanceado lo cual disminuye el rendimiento de producción.

3.5 RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO OBTENIDO

3.5.1 Resultados de la Caracterización Fisicoquímica y Microbiológica del Alimento Balanceado

La caracterización del producto final, alimento balanceado para porcinos, consistió inicialmente en determinar bajo qué condiciones de dosificaciones de afrecho de trigo y melaza, se consigue una mayor cantidad de proteína, puesto que esta variable es la característica general más importante en el alimento balanceado.

Los análisis de la determinación de la cantidad de proteína en cada uno de los alimentos balanceados obtenidos en los nueve experimentos se realizaron en el CEANID, de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, otorgando los siguientes resultados:

Tabla III-27 Resultados obtenidos de la proteína para cada experimento

Nº Pruebas	Porcentaje de calidad proteica (%)
1	12,97
2	16,64
3	15,72
4	18,57
5	17,72
6	15,6
7	17,21
8	14,54

N° Pruebas	Porcentaje de calidad proteica (%)
9	14,35

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

De acuerdo a los resultados de la tabla III-27 el alimento balanceado con una cantidad de proteína dentro del rango requerido fueron las preparadas en el experimento N° 2, N° 3, N° 4, N° 5, N° 6 y N° 7, mientras que los alimentos balanceados con menor proteína fueron las resultantes de los experimentos N° 1, N° 8 y N° 9 los cuales se operaron a dosificaciones bajas, lo que confirma que a dosificaciones más altas la cantidad de proteína es mayor, pero lo idóneo es trabajar con una dosificación promedio para poder obtener un producto con una proteína dentro del rango aceptable y requerido.

Tras seleccionar el alimento, se envió parte de la muestra N° 4 al CEANID para que se realicen los análisis establecidos por la Norma Boliviana NB-550 “Alimentos balanceados para animales – Alimentos para porcinos - Requisitos”, otorgando los siguientes resultados: ANEXO I.

Tabla III-28 Resultados fisicoquímicos del alimento balanceado obtenido para porcinos

Parámetro	Unidad	Resultados
		Obtenidos
Humedad	%	3,4
Proteína Total (Nx6,25)	%	18,57
Grasa	%	9,68
Fibra cruda	%	2,74

Parámetro	Unidad	Resultados
		Obtenidos
Ceniza	%	6,45
Hidratos de carbono	%	59,16
pH (20 °C)	-	5,30
Valor energético	kcal/100 g	398,04
Calcio	mg/100 g	979,0
Fósforo	mg/100 g	783,0
Coliformes totales	UFC/g	< 1,0 x 10 ¹ (*)
Coliformes fecales	UFC/g	< 1,0 x 10 ¹ (*)

(*): No se observa desarrollo de colonias

Fuente: (Elaboración Propia en base a Resultados de Análisis, 2022)

Una vez teniendo los resultados fisicoquímicos del alimento balanceado se realiza una comparación con los requisitos del mismo, a fin de mostrar las propiedades nutritivas del alimento obtenido con relación a lo requerido, concluyendo que se logró obtener un producto nutritivo y aceptable para la alimentación de animales de especie porcina.

CAPITULO IV
COSTOS DEL PROYECTO DE
INVESTIGACIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN

A fin de conocer los costos aproximados para la realización del proyecto de investigación se detalla a continuación los materiales, insumos, análisis y otros que fueron empleados en la obtención de alimento balanceado para porcinos.

Tabla IV-1 Costos de materiales

Materiales	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
Vaso de precipitación	2	Unidad	32	64
Varilla de vidrio	1	Unidad	35	35
Espátula metálica con cuchara	3	Unidad	35	105
Vidrio reloj	1	Unidad	17	17
Termómetro	1	Unidad	46	46
Probeta de vidrio	1	Unidad	46	46
Guante	1	Caja	45	45
Barbijo	1	Caja	25	25
Papel film	1	Rollo	12	12

Materiales	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
Balde de plástico	4	Unidad	5	20
Bandeja de acero inoxidable	2	Unidad	40	80
Plato de aluminio	9	Unidad	1,5	13,5
Papel de aluminio	5	Rollo	15	75
Bolsa para muestra	2	Paquete	20	40
Trapo	1	Unidad	5	5
Bolsa nylon	1	Paquete	10	10
TOTAL				638,5

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

Tabla IV-2 Costos de insumos

Insumos	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
Afrecho de trigo	1/2	cuartilla	9	4,5

Insumos	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
Propionato de calcio	1/4	kg	40	10
Cloruro de sodio	1	kg	1	1
Melaza	2	l	20	40
TOTAL				55,5

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

Los análisis fueron realizados en el CEANID, donde se aplica el descuento del 70 % para estudiantes de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla IV-3 Costos de análisis (materia prima y producto)

Detalle	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
Proteína	11	análisis	100	1 100
Hidratos de Carbono	2	análisis	10	20
Materia Grasa	2	análisis	90	180
Humedad	2	análisis	40	80
Fibra	2	análisis	100	200

Detalle	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
Ceniza	2	análisis	70	140
Valor Energético	2	análisis	10	20
pH	2	análisis	20	40
Calcio	2	análisis	180	360
Fósforo	2	análisis	180	360
Coliformes totales	3	análisis	100	300
Coliformes fecales	3	análisis	100	300
TOTAL				3 100
Desc. 70 %				930

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

Tabla IV-4 Costos de materiales de escritorio

Materiales	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
CD	6	Unidad	2,5	15
Anillado	6	Servicio	10	60

Materiales	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
Empastado	4	Servicio	40	160
Libreta para apuntes	1	Unidad	10	10
Tijera	1	Unidad	8	8
Papel	3	Paquete	30	90
Impresora	1	Unidad	1100	1 100
Tinta	3	Unidad	70	210
TOTAL				1 653

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

Tabla IV-5 Costos de investigación y otros servicios

Detalle	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
Norma Boliviana NB-550	1	Norma	70	70
Internet	6	Servicio (mensual)	150	900
Tarjeta de crédito	6	Servicio telefónico	30	180

Detalle	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
Transporte de Materia Prima	20	Servicio	5	100
TOTAL				1 250

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

Para la obtención experimental de alimento balanceado para porcinos se cuenta con las instalaciones de los laboratorios de la UAJMS, al igual que con la disponibilidad de los equipos e instrumentos necesarios. A continuación, se muestran los valores de costo total de energía utilizada por los equipos durante la realización de los ensayos.

Tabla IV-6 Costos de energía eléctrica

Equipos	Potencia (kW)	Tiempo (h)	Energía consumida (kWh)	Costo Unitario (Bs)	Costo Total (Bs)
Estufa de secado	2	36	72		60,48
Molino de martillos	1	0,33	0,33		0,277
Estufa de secado y esterilización	1,6	0,25	0,4	0,84	0,336

Equipos	Potencia (kW)	Tiempo (h)	Energía consumida (kWh)	Costo Total (Bs)
Agitador mecánico vertical	0,045	0,08	0,0036	0,002
Estufa de secado	2	5	10	8,4
TOTAL				69,50

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

Tabla IV-7 Costos totales

Rubro	Monto (Bs)
Costos de materiales	638,5
Costos de insumos	55,5
Costos de análisis	930
Costos de materiales de escritorio	1 653
Costos de investigación y otros servicios	1 250
Costos de energía eléctrica	69,5
COSTO TOTAL	4 596,5

Fuente: (Elaboración propia, 2022)

En la tabla IV-7 se muestra el costo total realizado a lo largo de la investigación y como podemos observar la inversión requerida es de 4 596,5 Bs para la obtención de alimento balanceado para porcinos.

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente proyecto de investigación “Obtención Experimental de Alimento Balanceado para Porcinos a partir de Residuos Orgánicos Sólidos” se concluye lo siguiente:

1. Se ejecutó el proceso tecnológico experimental para la obtención de alimento balanceado para porcinos, que constó de una previa preparación de la materia prima, siendo los procesos empleados la selección, secado, molienda, esterilización, dosificación y mezclado y envasado, obteniendo de esta forma un producto de calidad nutricional.
2. Se realizó la caracterización fisicoquímica y microbiológica de la materia prima, residuos orgánicos sólidos, cuyos resultados demostraron un contenido aceptable de propiedades nutritivas y ausencia de microorganismos contaminantes.
3. En función al desarrollo del Análisis Estadístico de Experimentos se demostró que la dosificación de afrecho de trigo y melaza tienen influencia en la calidad nutricional del producto.
4. Se determinó que la condición óptima de dosificación fue la realizada en el experimento N° 4 (30 % afrecho de trigo y 20 % melaza), condición en la cual se obtuvo un alimento con un valor nutricional adecuado, mayor calidad proteica y buen rendimiento.
5. Por medio del desarrollo de los balances de materia y energía se determinó que el rendimiento conseguido en el proceso tecnológico experimental de obtención de alimento balanceado para porcinos fue del 40 %.
6. La caracterización fisicoquímica y microbiológica del alimento balanceado obtenido se realizó bajo los márgenes establecidos por la Norma Boliviana NB 550 “Alimentos balanceados para animales - alimentos para porcinos - requisitos” proporcionando como resultado un producto inocuo y nutritivo llegando a un valor proteico de 18,57 %, siendo apto para la alimentación de dichos animales y que su

consumo posee el potencial de mejorar el nivel nutricional del organismo en la especie porcina.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios sobre el aprovechamiento de los residuos orgánicos sólidos para elaborar otros productos puesto que, de acuerdo a la caracterización realizada a la materia prima presenta un contenido alto de valor nutricional.
2. Una vez analizado el rendimiento del proceso tecnológico experimental se recomienda emplear otro tipo de secado ya que el secado realizado en estufa no es muy conveniente debido al tiempo que requiere.
3. Por otra parte, se recomienda la implementación de programas para la clasificación adecuada de residuos sólidos en mercados, domicilios del departamento de Tarija. Esto ayudará a disminuir el tiempo de selección de la materia prima en el proceso tecnológico seleccionado para la obtención de alimento balanceado para porcinos.
4. A su vez también se recomienda emplear otros insumos en el proceso para la obtención de alimento balanceado para porcinos como ser la utilización de cebada, quinua, etc.; como otras opciones para enriquecer el producto.
5. Realizar un estudio económico financiero a detalle que demuestre la factibilidad de la producción comercial de alimento balanceado para porcinos.