



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Pellets ecológicos utilizando residuos de trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* con aglutinantes naturales,
Dos de Mayo, Huánuco – 2020**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AMBIENTAL**

AUTORAS:

Caballero Melgarejo, Kelly Eleoteria (ORCID: 0000-0003-0415-6072)

Lara Lumba, Sheyli Ivonne (ORCID: 0000-0002-3541-1366)

ASESOR:

Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales (ORCID: 0000-0003-1504-2089)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA - PERÚ

2020

Dedicatoria

A Dios, por guiarme en toda la etapa universitaria y darme la fortaleza para salir adelante frente a las adversidades.

A mis amados padres Eleoteria Melgarejo Huerta y Leonardo Caballero Osorio, por ser el soporte en mi camino y mi motivación para alcanzar mis anhelos; a mis hermanos Emilia, Johan y Gullit por la fuente incondicional de apoyo; a mis sobrinos Vania, Matías y Valeska quienes son mi motivo para escalar los peldaños profesionalmente y demostrarles que con dedicación y perseverancia se pueden cumplir nuestros sueños; a mis familiares que han contribuido de manera directa o indirecta en uno de mis grandes logros como profesional.

Caballero Melgarejo, Kelly Eleoteria

Dedicatoria

A Dios: Por siempre estar cuando necesito de su fortaleza y guía espiritual, por guiarme y no abandonarme en este camino llamado vida.

A mis padres Aurelia Lumba Bautista y Alfredo Núñez Castañeda, por su infinito apoyo y amor, siendo ejemplos constantes de que se debe luchar por lo que uno desea, por sus consejos y paciencia en mi crianza haciendo de mí una persona de bien. A mi hermano José Lara Lumba, al que amo por siempre estar conmigo y darme su apoyo en todas las decisiones que tomo, el que me enseña con sus acciones y decisiones a no rendirme ante nada.

Lara Lumba, Sheyli Ivonne

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por guiar nuestros pasos y darnos fortaleza cada día.

A nuestra universidad Cesar Vallejo que nos permite crecer como profesionales y velar por una mejor calidad de vida a la humanidad.

A nuestras familias por el apoyo económico y emocional para seguir adelante.

Al Ingeniero Elmer Benites Alfaro por ser un gran líder y sacar lo mejor de nosotras.

Índice de contenidos

	Pág.
Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iv
Índice de contenidos	v
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	ix
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	17
3.1. Tipo, diseño y nivel de investigación	17
3.2. Variables y operacionalización	18
3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis.....	18
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	19
3.5. Procedimiento.....	21
3.6. Métodos de análisis de datos	39
3.7. Aspectos éticos.....	39
IV. RESULTADOS.....	40
V. DISCUSIÓN	79
VI. CONCLUSIONES	87
VII. RECOMENDACIONES	88
REFERENCIAS.....	89
ANEXOS	98

Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1. Caracterización nutricional de endocarpio pétreo de <i>Carya illinoensis</i> .	13
Tabla 2. Caracterización físico-química de la <i>Manihot esculenta</i>	13
Tabla 3. Biomosas óptimas para la elaboración de pellets	14
Tabla 4. Variables de investigación.....	18
Tabla 5. Fichas de recolección de datos	19
Tabla 6. Validación de instrumentos	20
Tabla 7. Análisis granulométrico de <i>Hordeum vulgare</i>	40
Tabla 8. Análisis granulométrico de <i>Pisum sativum</i>	40
Tabla 9. Análisis granulométrico de <i>Vicia faba</i>	41
Tabla 10. Extracto de biomosas y aglutinantes	41
Tabla 11. Parámetros físico – químicos de biomosas y aglutinantes	42
Tabla 12. Densidad aparente de biomosas.....	42
Tabla 13. Humedad inicial de biomosas y aglutinantes.....	43
Tabla 14. Materia volátil inicial de biomosas y aglutinantes	44
Tabla 15. Ceniza inicial de biomosas y aglutinantes	45
Tabla 16. Carbono fijo inicial de biomosas y aglutinantes.....	45
Tabla 17. Poder calorífico inicial de biomosas y aglutinantes	46
Tabla 18. Mezcla de biomasa con dosis de aglutinantes respectivamente	46
Tabla 19. Parámetros físico - químico de la mezcla.....	47
Tabla 20. Parámetros físico - químico de la mezcla.....	47
Tabla 21. Humedad de las mezclas de biomasa y almidón de <i>Manihot esculenta</i> respectivamente	49
Tabla 22. Humedad en las mezclas de biomasa y del endocarpio pétreo de <i>Carya illinoensis</i> respectivamente.....	50

Tabla 23. Humedad después de 15 días de secado de la mezcla con <i>Manihot esculenta</i>	50
Tabla 24. Humedad después de 15 días de secado de la mezcla con endocarpio pétreo de <i>Carya illinoensis</i> respectivamente	52
Tabla 25. Materia volátil en la mezcla de biomasa y almidón de <i>Manihot esculenta</i> respectivamente	53
Tabla 26. Materia volátil en la mezcla de biomasa y del endocarpio pétreo de <i>Carya illinoensis</i> respectivamente	53
Tabla 27. Cenizas en la mezcla de biomasa y almidón de <i>Manihot esculenta</i> respectivamente	54
Tabla 28. Ceniza en la mezcla de biomasa y del endocarpio pétreo de <i>Carya illinoensis</i> respectivamente.....	55
Tabla 29. Carbono fijo en la mezcla de biomasa y almidón de <i>Manihot esculenta</i> respectivamente	55
Tabla 30. Carbono fijo en la mezcla de biomasa y del endocarpio pétreo de <i>Carya illinoensis</i> respectivamente.....	56
Tabla 31. Poder calorífico en la mezcla de biomasa y almidón de <i>Manihot esculenta</i> respectivamente.....	57
Tabla 32. Poder calorífico en la mezcla de biomasa y del endocarpio pétreo de <i>Carya illinoensis</i> respectivamente	58
Tabla 33. Temperatura de secado de pellets	59
Tabla 34. Densidad de pellets de biomasa y almidón de <i>Manihot esculenta</i>	60
Tabla 35. Densidad de pellets de biomasa y endocarpio pétreo de <i>Carya illinoensis</i> respectivamente.....	61
Tabla 36. Resistencia de pellets de biomasa y almidón de <i>Manihot esculenta</i> ...	62
Tabla 37. Resistencia de pellets de biomasa y endocarpio pétreo de <i>Carya illinoensis</i> respectivamente.....	63
Tabla 38. Tiempo de ebullición del agua pellets de biomasa y almidón de <i>Manihot esculenta</i> respectivamente	64

Tabla 39. Tiempo de ebullición del agua pellets de biomasas y endocarpio pétreo de <i>Carya illinoensis</i> respectivamente	65
Tabla 40. Prueba de normalidad de las características físico-químicas, energía, mecánica y combustión de pellets.....	71
Tabla 41. Análisis descriptivo del potencial de hidrógeno	72
Tabla 42. Análisis descriptivo de conductividad eléctrica	72
Tabla 43. Análisis descriptivo de potencial redox.....	73
Tabla 44. Análisis descriptivo de humedad	73
Tabla 45. Prueba de ANOVA para humedad	74
Tabla 46. Método tukey para humedad.....	74
Tabla 47. Análisis descriptivo de materia volátil	75
Tabla 48. Análisis descriptivo de ceniza.....	75
Tabla 49. Análisis descriptivo de carbono fijo.....	76
Tabla 50. Análisis descriptivo de densidad	76
Tabla 51. Análisis descriptivo de poder calorífico.....	77
Tabla 52. Análisis descriptivo de resistencia a la compresión.....	77
Tabla 53. Análisis descriptivo de tiempo de ebullición del agua.....	78
Tabla 54. Prueba de ANOVA para tiempo de ebullición del agua	78
Tabla 55. Método tukey para tiempo de ebullición del agua	78

Índice de figuras

	Pág.
Figura 1. Forma y color de <i>Pisum sativum</i> (clase comercial)	11
Figura 2. Cultivo de <i>Pisum sativum</i> , Dos de mayo	11
Figura 3. Flor de la <i>Pisum sativum</i> , Dos de mayo	11
Figura 4. Forma y color del <i>Vicia Faba</i> “verde paca” (clase comercial).....	11
Figura 5. Cultivo de <i>Vicia Faba</i> , Dos de mayo	11
Figura 6. Forma y color de <i>Hordeum vulgare</i> (clase comercial)	12
Figura 7. Cultivo de <i>Hordeum vulgare</i> , Dos de Mayo.....	12
Figura 8. Diagrama para la elaboración de pellets	21
Figura 9. Ubicación de las biomásas en Google Earth Pro	22
Figura 10. Trilla de <i>Hordeum vulgare</i>	22
Figura 11. Trilla de <i>Pisum sativum</i>	23
Figura 12. Trilla de la <i>Vicia faba</i>	23
Figura 13. Molienda de las biomásas	24
Figura 14. Pesado de la <i>Hordeum vulgare</i> molida	24
Figura 15. Pesado de <i>Pisum sativum</i> molida	24
Figura 16. Pesado de <i>Vicia faba</i> molida.....	25
Figura 17. Proceso de recolección y acondicionamiento de las biomásas.....	25
Figura 18. Recolección del <i>Manihot esculenta</i>	26
Figura 19. Recolección del endocarpio pétreo <i>Carya illinoensis</i>	26
Figura 20. Proceso de obtención del aglutinante a partir de <i>Manihot esculenta</i> ...	28
Figura 21. Flujograma de obtención del almidón de <i>Manihot esculenta</i>	29
Figura 22. Proceso de obtención del aglutinante de <i>Carya illinoensis</i>	29
Figura 23. Flujograma de obtención del aglutinante de <i>Carya illinoensis</i>	30
Figura 24. Mallas de 45, 30, 20, 10 y 5 respectivamente	30
Figura 25. Tamizado del endocarpio pétreo de <i>Carya illinoensis</i>	31

Figura 26. Flujograma para el análisis porcentaje de humedad	32
Figura 27. Flujograma para el análisis de materia volátil	33
Figura 28. Flujograma para el análisis de cenizas	34
Figura 29. Mezcla de biomásas con aglutinantes.....	35
Figura 30. Densidad de los pellets	36
Figura 31. Resistencia a la compresión de pellets	37
Figura 32. Proceso de tiempo de ebullición del agua.....	38
Figura 33. pH obtenido de los 6 tipos de pellets.....	48
Figura 34. Conductividad eléctrica de los 6 tipos de pellets.....	49
Figura 35. Potencial redox obtenido de los 6 tipos de pellets.....	49
Figura 36. Humedad obtenida de los 6 tipos de pellets.....	51
Figura 37. Humedad de los 6 tipos de pellets después de 15 días	52
Figura 38. Materia volátil obtenida de los 6 tipos de pellets	54
Figura 39. Cenizas obtenidas de los 6 tipos de pellets	55
Figura 40. Carbono fijo obtenido de los 6 tipos de pellets	57
Figura 41. Poder calorífico obtenido de los 6 tipos de pellets	58
Figura 42. Densidad de los 6 tipos de pellets.....	62
Figura 43. Resistencia a la compresión de los 6 tipos de pellets	64
Figura 44. Tiempo de ebullición del agua de los 6 tipos de pellets	66
Figura 45. pH y materia volátil de los 6 tipos de pellets	67
Figura 46. pH y potencial redox de los 6 tipos de pellets	67
Figura 47. pH y CE de los 6 tipos de pellets.....	68
Figura 48. Poder calorífico y ceniza de los 6 tipos de pellets	68
Figura 49. Poder calorífico y humedad de los 6 tipos de pellets	69
Figura 50. Poder calorífico y CF de los 6 tipos de pellets	69
Figura 51. Poder calorífico y materia volátil de los 6 tipos de pellets	70

Resumen

El aprovechamiento de los residuos de agricultura, la búsqueda de generar energía térmica limpia con alto contenido calorífico y que sea sostenible en el tiempo es una preocupación constante. La provincia Dos de Mayo produce biomasa residual luego de las actividades de trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba*, para el desarrollo de esta investigación cada una de las biomásas fue mezclado con aglutinantes de almidón de *Manihot esculenta* y endocarpio pétreo de *Carya illinoensis* respectivamente, para la fabricación de pellets con aglutinantes naturales con el objetivo de determinar el comprimido con mayor poder calorífico, mejores características físico – químicas, mecánica y de mayor combustión, mediante métodos analíticos. Las unidades analizadas obtuvieron resultados de mayor poder calorífico para el pellet de HA + AY con 11534.720 kcal/kg, el pellet con mejores características físico-químicas fue el CE + AY con 85.086% de materia volátil, 1.163% en cenizas, 13.751% de carbono fijo y 1.299 g/cm³ de densidad; el pellet que obtuvo mayor energía fue HA+AY, el comprimido con mejores características mecánicas fue de AR + CPE con 0.17 kg/cm² y el comprimido que obtuvo menor tiempo en la ebullición de medio litro de agua fue la HA + AY con 6 minutos.

Palabras claves: Biomasa, aglutinante, pellet, poder calorífico

Abstract

The use of agricultural residues, the search for generating clean thermal energy with high calorific content and that is sustainable over time is a constant concern. Dos de Mayo province produces residual biomass after the threshing activities of *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* and *Vicia faba*. For the development of this research, each one of the biomasses was mixed with starch binders of *Manihot esculenta* and stony endocarp of *Carya illinoensis* respectively, for the manufacture of pellets with natural binders in order to determine the tablet with the highest calorific value, the best physical-chemical and mechanical characteristics and the highest combustion, by means of analytical methods. The analyzed units obtained results of higher calorific power for the HA + AY pellet with 11534.720 kcal/kg, the pellet with better physical-chemical characteristics was the CE + AY with 85.086% of volatile matter, 1.163% in ash, 13.751% of fixed carbon and 1.299 g/cm³ of density; the pellet that obtained more energy was HA+AY, the tablet with better mechanical characteristics was AR + CPE with 0.17 kg/cm² and the tablet that obtained less time in the boiling of half a liter of water was HA + AY with 6 minutes.

Keywords: Biomass, binder, pellet, calorific value

I. INTRODUCCIÓN

La generación de grandes cantidades y volúmenes de residuos orgánicos es un problema a nivel mundial, debido a una mala disposición final. Al pasar de los años ello se fue agravando ya que se presentó una mala gestión, pues no fueron aprovechados al máximo los desechos generados en las actividades económicas, esto se ve reflejado en el sector agrícola debido a que desechan biomasas residuales. Por lo tanto, fue imprescindible brindar una alternativa sostenible a los desechos producidos en la agricultura y de esa manera el desarrollo de nuevas fuentes energéticas, reduciendo la dependencia de los combustibles fósiles.

Los biocombustibles elaborados en forma de pellets, presentaron una alternativa eficiente para la economía circular y como una posible solución ante esta problemática mundial; lo cual permitió una disminución de la explotación indiscriminada de los combustibles fósiles y la deforestación. De acuerdo a Paredes (2019), indica que este tipo de combustible comprimido tuvo una gran acogida en Norte de América y Europa, teniendo el índice de mayor producción con 31% y 66% a nivel mundial, y un consumo del 80% y 17% respectivamente. Por otro lado, la ONU reafirmó la necesidad de esta alternativa de bioenergía de forma calorífica, ya que el 23% de la población en Latinoamérica tuvieron como una fuente de energía la leña, explotando 66 millones de toneladas para el uso de calefacción y cocción.

Así mismo, los costos generados para la obtención de energía mediante la biomasa, basados en la materia prima son muy variables, pues van desde cero para los desechos producidos como resultados de los procesos de una actividad e incluso existen residuos que incurren en costos de eliminación lo cual son precios potencialmente altos como es el caso del licor negro en las fábricas de papel y celulosa. Los costos más modestos presentan los residuos agrícolas y forestales que pueden ser recolectados para producir energía (OSINERGMIN, 2017).

Según Díaz (2019), indicó que los proyectos de Gestión del Desarrollo Limpio de países del primer mundo, apoyaron el desarrollo de cientos de plantas de pequeño y mediano tamaño, para el uso de fuentes de energía a base de biomasas (biomasa residual de la agricultura como principal fuente).

La gran parte de estos proyectos se ubicaron en Asia con más del 70%, América Latina y África. En América del sur, a pesar de que posee abundantes recursos renovables como la materia prima, no le dieron prioridad como lo es en países europeos, sin embargo, la oportunidad del uso de esta energía renovable es altamente comprometedor.

El problema del desarrollo de investigación, se fundamentó en la producción de energía calorífica elaborando pellets a partir de residuos de la trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba*; mezclados con aglutinantes naturales de almidón de yuca y cáscaras de pecanas pulverizadas, la problemática local se encuentra en Huánuco - provincia Dos de Mayo, donde los desechos de haba, arveja, cebada entre otros, son abundantes después del trillaje los cuales eran acumulados para posteriormente ser quemados en la zona, estos residuos no son aprovechados de manera sostenible, pues cortan una gran cantidad de árboles para usarlo como leña y de esta manera cocinar sus alimentos, dicha acción conlleva a la tala indiscriminada de los bosques aledaños, la erosión del suelo, la pérdida de ecosistemas y las emisiones de los gases de efecto invernadero. Es por ello, que la presente investigación realizó una nueva alternativa de uso para la biomasa residual, con la finalidad de generar un biocombustible de manera que minimice el impacto ambiental.

La presente investigación tiene como problema general: ¿Cuál es el pellet con mayor poder calorífico utilizando residuos de trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* con aglutinantes naturales, Dos de Mayo, Huánuco - 2020?; y como problemas específicos: ¿Cuál es el pellet con mejores características físico-químicas utilizando residuos de trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* con aglutinantes naturales, Dos de Mayo, Huánuco - 2020?, ¿Cuál es el pellet con mayor energía utilizando residuos de trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* con aglutinantes naturales, Dos de Mayo, Huánuco - 2020?; ¿Cuál es el pellet con mejor característica mecánica utilizando residuos de trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* con aglutinantes naturales, Dos de Mayo, Huánuco - 2020?; y ¿Cuál es el pellet de mayor combustión utilizando residuos de trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* con aglutinantes naturales, Dos de Mayo, Huánuco - 2020?.

La justificación ambiental, correspondió al reaprovechamiento sostenible de los residuos orgánicos obtenidos de la trilla (tallos, hojas y tronco), disminuyendo la contaminación atmosférica generada por la quema de biomasa residual. Por otro lado, la elaboración del pellet ecológico pretendió reducir la huella de carbono y contribuir al manejo sostenible de los bosques. Así mismo, se justificó socialmente, ya que los principales beneficiados fueron la población, disminuyendo los posibles daños al sistema respiratorio, el cual agrava enfermedades crónicas como el asma. Teóricamente, se justificó con la información recolectada y obtenida en esta investigación; pues aportó un mayor conocimiento refiriéndonos a la generación de biocombustibles sólidos; pues será un apoyo teórico para próximas investigaciones, ya que, se puede variar la biomasa iniciando de esta manera un nuevo tema a investigar, teniendo este como referencia. Desde el punto de vista económico, resultó rentable por que se reutilizó materia orgánica no teniendo gastos económicos en la adquisición de la materia prima, de la misma manera se generó un ingreso económico adicional, pues, se proyectará socialmente a la iniciativa de un negocio para los pobladores de la provincia Dos de Mayo, debido a que el uso de pellet en el mercado es un negocio rentable.

Además, respondiendo a las preguntas de investigación, se formuló como objetivo general: determinar el pellet con mayor poder calorífico utilizando residuos de la trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* con aglutinantes naturales, Dos de Mayo, Huánuco – 2020; y como objetivos específicos: determinar el pellet con mejores características físico-químicas utilizando residuos de la trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* con aglutinantes naturales, Dos de Mayo, Huánuco – 2020, determinar el pellet con mayor energía utilizando residuos de la de trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* con aglutinantes naturales, Dos de Mayo, Huánuco – 2020, determinar el pellet con mejor característica mecánica utilizando residuos de trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* con aglutinantes naturales, Dos de Mayo, Huánuco – 2020; y determinar el pellet de mayor combustión utilizando residuos de trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* con aglutinantes naturales, Dos de Mayo, Huánuco - 2020.

A lo ya mencionado, se adiciona la hipótesis: el pellet con mayor poder calorífico es de HA+AY utilizando residuos de trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia Faba* con aglutinantes naturales, Dos de Mayo, Huánuco – 2020; y como hipótesis específicas: el pellet que tiene mejores características físico-químicas es de HA+AY utilizando residuos de trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* con aglutinantes naturales, Dos de Mayo, Huánuco – 2020, el pellet que tiene mayor energía es de HA+AY utilizando residuos de trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* con aglutinantes naturales, Dos de Mayo, Huánuco – 2020, el pellet que tiene mejor característica mecánica es de HA+AY utilizando residuos de trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* con aglutinantes naturales, Dos de Mayo, Huánuco – 2020; y el pellet que tiene mayor combustión es de HA+AY utilizando residuos de trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* con aglutinantes naturales, Dos de Mayo, Huánuco – 2020.

II. MARCO TEÓRICO

En el desarrollo de investigación se revisaron diferentes artículos, revistas e investigaciones de pensadores que guardan relación con el presente trabajo. Seguidamente, se exhiben los trabajos previos con similitud:

Díaz (2019), en su investigación determinó la briqueta con proporción óptima para la mejora de las propiedades energéticas. Los principales resultados fueron 9.99% de humedad, 46.22% de materia volátil, 0.52% de ceniza, 53.26% de carbón fijo y 9913.72 Kcal/Kg de poder calorífico. Finalmente, la briqueta elaborada a base de 47% en peso de aglutinante (melaza y cáscara de papa) y 53% en peso de cascarilla de cacao, fue la briqueta con mejor proporción.

De igual manera, Paredes (2019) elaboró un biocombustible en forma de pellet a partir de los residuos del café molido y pasado. Se realizó la caracterización proximal mediante ensayos físicos según la norma internacional NTC 2060-1987 para biocombustibles. Como resultado, obtuvieron 11.74% de humedad, 2.96% de cenizas, 15.24% de materia volátil, 70.47% de carbono fijo y 19.8 MJ/kg de poder calorífico.

Por otro lado, Barroso (2018) evaluó la eficacia de la cáscara de pecana para elaborar pellets. Los resultados obtenidos fueron 51.92% de humedad, 53.15% de materia volátil, 2.90% de ceniza, 43.95% de carbón fijo y 9981,90 Kcal/Kg de poder calorífico. Se concluyó que el pellet con mayor poder calorífico, fue compuesto por biomasa de cáscara de pecana y aglutinante de material fino, con granulometría + 0.3 y -0.3 respectivamente.

En Loreto - Perú, Huanca (2017) realizó briquetas a base de residuos Cumala y Marupa. Los resultados que obtuvo fueron: poder calorífico de 4 185.04 kcal/kg, humedad de 11.75%, ceniza de 1.63%, la carga de ruptura promedio 1546.35 kgf y las densidades 1145.29 kg/m³. Con respecto a sus características según la Norma Sueca SS18721, pueden ser usados como fuente de energía en los calderos de la empresa.

Pegoretti et al. (2020), evaluaron el potencial físico - químico, energético y perfiles térmicos de *Paulownia* y *Miscanthus*. Los estándares que utilizaron fueron del instituto alemán para la normalización (DIN). Obteniendo como resultados 117.38Kg/m³ de densidad granel, 2.84% de cenizas, 82,26% de materia volátil, 45.97% de carbono y 17.50 MJ/ Kg de poder calorífico para *Miscanthus*. Indicando que ambas especies presentaron características considerables para el uso energético.

Ríos (2017), determinó el efecto del contenido de humedad en el poder calorífico de pellets a partir de cascarilla de arroz y sus mezclas con paja de trigo. Para la otra biomasa de paja de trigo se obtuvo una humedad inicial de 6%; en el contenido de carbono 48.56% (cascarilla de arroz) y 49.3% (paja de trigo). Se concluyó que los pellets de cascarilla de arroz, no estarían aptos para uso comercial por el bajo poder calorífico de acuerdo a la Norma Francesa.

Trejo (2019), fabricó pellets a partir de residuos del cultivo de frijol con el mayor poder calorífico en función de humedad y tamaño de partícula. Concluyendo que las condiciones óptimas del pellet son: humedad 20.0%, diámetro de criba 8.00mm, poder calorífico por arriba de 16.097 MJ/kg, cenizas 5.3185%, humedad final 11.679% y densidad energética de 9770.879 MJ/m³. Los pellets elaborados fueron realizados a base de la norma ISO 17225-6.

Rivera y Serafín (2018), elaboraron pellets de paja desechada mediante la propuesta de un esquema sustentable. Como resultado determinaron un rendimiento en los pellets de 98%, tuvieron en promedio una longitud de 3.8 cm, en calor emitido por cada pellet fue de 393°C en 3.55 min. Concluyeron que mediante este estudio se podría aprovechar el residuo de la paja de maíz creando una fuente de obtención de energía limpia.

Cuestas (2019), diseñó una propuesta de fabricación de pellets a partir de la ceniza del proceso de la cascarilla del arroz. De acuerdo a los estándares del ASTM, obtuvo 11% de humedad; 11% de fibra cruda y 10% de cenizas. El largo del pellet fue 16 mm, el ancho de 13mm, pesó 1.4 g, de color negro y una textura sólida. En conclusión, la elaboración de pellets de ceniza de cascarilla de arroz fue viable porque cuenta con una entrada constante de esta materia prima.

Rusch, De Morales y Faber (2020), determinaron el potencial de bambú con fines energéticos a través de diferentes especies. Utilizaron el método cuantitativo para la recopilación de datos con sus respectivas unidades. Obtuvieron así los mejores resultados de la especie *Phyllostachys bambusoides* 0.9% de ceniza, 81.9% de materia volátil, 17.3% de carbono fijo, 4,694 kcal/Kg de poder calorífico y 1.17g/cm³ de densidad de granel.

Ndudi y Gbabo (2015), realizaron un análisis físico próximo y último de briquetas de cáscara de arroz, utilizando los métodos analíticos de ASTM (sociedad americana para pruebas y materiales). Los resultados fueron: volumen 0.001 m³, densidad 1.100Kg/m³; materia volátil 68.20%, contenido de ceniza 16.10%, contenido de humedad 12.67%, carbono fijo 15.70% y 15,175KJ/Kg del valor de calentamiento. En conclusión, las briquetas serían un buen combustible, ya que se observa un alto % de materia volátil y un bajo contenido de ceniza.

Thliza et al. (2020), elaboraron briquetas de cáscara de arroz, aserrín y carbón vegetal de tallos de algodón. Los resultados del análisis próximo de la briqueta de aserrín fueron de 10.8% de humedad, 33.8% cenizas, 25.9% materia volátil, 52.6% de carbono fijo y 1.20 g/cm³ de densidad; la briqueta de cáscara de arroz, aserrín, carbón de algodón mezclados con cáscara de arroz y las briquetas de aserrín hierven 5 litros de agua en 35, 30, 20 y 25 minutos respectivamente.

Camargo (2019), desarrolló y caracterizó gránulos de madera con la adición de carbón utilizando la norma alemana DIN-51731. El resultado óptimo (aserrín / carbón 20%) con granulometría 6.92 mm fueron: densidad 714.69 kg/m³, durabilidad mecánica 93.47%, % de carbono fijo de 27.92%; materia volátil de 69,13% y 2,95% de cenizas. Se concluyó que los pellets elaborados tuvieron un alto poder calorífico y pueden ser claros sustitutos de los pellets encontrados en el mercado.

Bartocci et al. (2018) optimizaron la producción de pellets de biocarbono. Como resultado, el pellet óptimo fue el número 14, el cual tuvo un 30% de agua, 30% de aserrín y 40%, de biochar resultando ésta como la muestra óptima. En conclusión, el pellet resultante tuvo mayor poder calorífico (23,057 kJ/ kg) y durabilidad.

Weib y Glasner (2018), utilizaron energía de la paja de trigo mediante la combustión y los pasos necesarios del proceso. Los resultados de densidad del pellet óptimo con granulometría 4mm, fueron de 9.7 MJ/m³, humedad 20%, contenido de cenizas 7% mayor en comparación con la paja original y temperatura de deformación (DT) significativamente > 1,300 °C. En conclusión, los pellets resultaron tener las mismas características al del carbón y madera.

Agar, et al. (2018), realizaron el estudio sistemático de granulación en anillo de matriz piloto utilizando 8 tipos de materia prima (residuos de tala, corteza de pino, paja de trigo, alpiste, sauce, chopo y haya). Los principales resultados del mejor pellet fueron: 8 mm de diámetro, 13% de humedad, 99% de durabilidad, 714 kg/m³ de densidad aparente y la temperatura del pellet fue 131°C. Concluyeron que los pellets obtenidos son eficientes ya que cuentan con una alta durabilidad y elevada densidad aparente.

Rusdianto (2018), determinó la composición del pellet a base de piel de café y obtuvo las características químicas. Sus principales resultados fueron: en el diámetro 1,5 cm y de longitud es de 62.86 mm. Concluyó que el pellet más eficiente necesita el 5% de aditivo, contando con un poder calorífico de 17979.73 J/g, materia volátil 68.59%, carbón fijo 23,44 % y olores bajos.

Arti et al. (2016), fabricaron pellets a partir de pasto y follaje mezclados en relación 1:1, emplearon la norma internacional DIN. El resultado del análisis energético del valor calorífico fue 1150 °C, ceniza 11.0% (500°C), humedad 13.9%, materia volátil 71.8% y densidad 628 Kg/m³. Concluyeron que el acondicionamiento y deshidratación mecánica, fueron adecuados para crear un combustible competitivo.

Chaiyaomporn y Chavalparit (2010), investigaron la proporción óptima del glicerol residual y agua (50:10:40). Las características físicas, en el tamaño de partícula fue menor a 2mm, la fuerza de compresión era 4.83N, densidad específica fue 982.2 kg/m³, el valor de calentamiento fue 22.5 MJ/kg, el contenido de humedad fue 5.9194%, la materia volátil fue 88.2573%, el carbono fijo fue 1.5894%, y el contenido de cenizas 4.2339%. Finalmente, la conversión de residuos de la industria fue adecuada para la fabricación de pellets.

Serrano et al. (2010), elaboraron pellets de desechos de paja de cebada y aserrín. La paja obtuvo el 8% de humedad. El tamaño medio de partícula resultante para la paja de cebada fue 0,31, 0,38 y 0,69 mm. Los resultados fisicoquímicos fueron: 10.51% de ceniza, 69.16% de materia volátil, 20.33% carbón fijo, valor calorífico 16.23 MJ/Kg, durabilidad 95.5% y 20.0% de humedad; mientras que para pellets mezclados con aserrín de pino se mejora a un 98% la durabilidad mecánica por su alto contenido de lignina y en humedad 12%. Finalmente, la durabilidad mecánica y la longitud del pellet aumentan con el contenido de humedad.

Nasrin et al. (2017), examinaron la propiedad fisicoquímica de los gránulos de los racimos de frutas recolectados de cuatro plantas de producción. Fueron analizadas por sus propiedades fisicoquímicas y contenido elemental según la prueba estándar ASTM. Los resultados mostraron que la humedad fue 8.16%, materia volátil 67.78%, ceniza 7.55%, carbón fijo 16.50%, densidad 664Kg/m³ y valor calorífico 17.04 MJ/kg. Los valores de humedad y valor calorífico resultaron similares al de la madera estipulados en la norma europea EN 14961-2. Lo cual indicó el encendido rápido y la mejora en el proceso de combustión del pellet.

Después de la revisión de los antecedentes, se presentó los principales conceptos relacionados a las variables del proyecto de investigación, como: La energía renovable, el cual es inagotable e indefinida y se caracteriza por producir energía. Algunas son: solar, eólica, biomasa, nuclear, cinética, entre otras (CEP, 2018). La biomasa, está definida según la Real Academia Española (RAE), como la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado utilizable como fuente de energía (Real Academia Española, 2019). Por lo tanto, los vegetales y sus residuos son considerados como biomasa; puesto que, la energía es obtenida de componentes orgánicos formada por un proceso biológico, naturalmente pueden encontrarse en plantas, restos de lo mencionado o residuos.

De igual forma, la materia orgánica no fosilizada es llamada biomasa, originada de un proceso biológico o provocado. La biomasa tiene muchos usos y utilidades, de igual manera, ésta puede ser una fuente de energía ya que se puede modificar en una sustancia combustible, también llamadas biocombustibles

(Velázquez, 2018). Según Callejas y Quesada ap. Ríos, indica que la biomasa se genera por las diversas actividades humanas que involucran el uso de materia orgánica. Las características de estos tipos de biomasa, es que son menos contaminantes, reducen el espacio de los vertederos, la producción y el transporte tiene costos bajos, entre otros (Ríos, 2017).

Así mismo, la biomasa con excedentes agrícolas es utilizada con un fin energético. Las plantas que generan electricidad se benefician de esta biomasa, ya que pueden ser utilizadas en ella y como también los biocombustibles metamorfoseados. De la misma manera, la característica principal de los cultivos energéticos (la caña de azúcar, cereales y semillas oleaginosas) es que son usados para obtener energía, diferenciándose de los cultivos agrícolas comunes, pues estas biomasa son más eficientes porque tienen una alta resistencia ante la sequía, se adaptan a terrenos difíciles, son capaces de realizar rebrote, son más vigorosas, y tienen un rápido crecimiento. De igual importancia, la biomasa térmica es utilizada en la industria de calefacción y para obtener agua sanitaria caliente. Las biomasa más utilizadas son de la industria agrícola, forestal y cultivos leñosos. Estas pueden ser las cáscaras de los frutos secos, los huesos de la aceituna, leña, viruta, etc. (Ríos, 2017).

Por otra parte, la biomasa vegetal es considerada como toda aquella que su fuente de energía es la solar, es decir mediante el proceso de la fotosíntesis, ya que las plantas pueden absorber considerablemente altos porcentajes de CO₂ y las transforma en carbohidratos, desarrollándose el ciclo del carbono para producir de esta manera un biocombustible que produce bajas emisiones de carbono a comparación de los combustibles fósiles (Camargo, 2019). Por esta razón, la elaboración de este proyecto de investigación planteó el uso de tres tipos de biomasa obtenidas del proceso de trilla. Los cuales son: *Pisum sativum* (arveja “azul” - clase comercial). El color del grano es verde azulado (Figura 1, 2 y 3), la forma es esférica y con textura lisa, son de gran tamaño (Valladolid, 2016). La siembra en Huánuco se realiza en los meses de noviembre – diciembre y la cosecha en junio – agosto.



Figura 1. Forma y color de *Pisum sativum* (clase comercial)



Figura 2. Cultivo de *Pisum sativum*, Dos de mayo



Figura 3. Flor de la *Pisum sativum*, Dos de mayo

La segunda biomasa a usar fue *Vicia faba* (haba “verde pacaé” - clase comercial). Esta clase de haba, cuyo grano es de color verde oscuro lustroso y seco (Figura 4), es la que tiene mayor comercio en el mercado nacional. La forma que presenta es ovalada aplanada, el tamaño es entre mediano a grande, su tiempo de siembra (Figura 5) es de setiembre - octubre, la cosecha se da en marzo – mayo, aunque la fecha puede variar en algunos casos (Valladolid, 2016).



Figura 4. Forma y color del *Vicia Faba* “verde pacaé” (clase comercial)



Figura 5. Cultivo de *Vicia Faba*, Dos de mayo

La última biomasa empleada en este trabajo fue *Hordeum vulgare* (cebada). Es una planta de producción anual de gran importancia, su cultivo ocupa un significativo valor en la alimentación animal y humana (Figura 6). Ocupa el quinto lugar del producto más cultivado a nivel global (Bernardi, 2019). Su cultivo se da netamente en invierno. En la sierra, su época de siembra (Figura 7) es entre los meses de noviembre y diciembre; la cosecha se realiza entre los meses de julio y agosto.



Figura 6. Forma y color de *Hordeum vulgare* (clase comercial)



Figura 7. Cultivo de *Hordeum vulgare*, Dos de Mayo

Por otro lado, el uso de aglutinantes naturales. Según, Lu et al (2014) ap. Trejo indica que el aglutinante hace referencia al aditivo, el cual puede ser un residuo natural o sintético, que es mezclado con la biomasa durante la fabricación del pellet con la intención que éste pueda proporcionar una mejor característica en el resultado final de la compactación. Estos aglutinantes tienen diversas procedencias residuales, ya sea del sector agrícola, como la del forestal. Independientemente de las procedencias, la función del aditivo en un pellet es posibilitar una mejor eficiencia durante su fabricación, aumentando notoriamente la dureza del pellet y disminuyendo la electricidad necesaria. Según Stahl et al. (2016) ap. Trejo detallo que la emisión del CO₂ se ve amenazado por el uso del aglutinante, resaltando que el lugar donde se va a utilizar los pellets presentará un elevado uso de combustible fósiles (Trejo, 2018).

Por tal motivo, se emplearon dos aglutinantes de procedencia natural como es el endocarpio pétreo de *Carya illinoensis* pulverizado (cáscara de pecana). Por otra parte, Prado et al. (2009) ap. Ozcariz realizaron un estudio a la cáscara de la pecana (Tabla 1), siguiendo una determinación oficial.

Tabla 1. Caracterización nutricional de endocarpio pétreo de *Carya illinoensis*

Componente (g/100 g)	Media \pm SD (n =3)
Proteínas	2,2 \pm 0,04
Humedad	16,8 \pm 0,1
Lípidos totales	1,1 \pm 0,1
Minerales	1,4 \pm 0,03
Fibras Totales	48,6 \pm 0,06
Fibras solubles	3,1 \pm 0,09
Fibras insolubles	45,4 \pm 0,4
Carbohidratos	29,6
Valor calórico (kcal/100g)	331

Fuente: Ozcariz ,2016 ap. Prado et al. 2009

El último aglutinante aplicado es *Manihot esculenta* (almidón de yuca) (Tabla 2). Según, Lehnebach (2006) ap. La Torre mencionó que el almidón de la yuca tiene 12% de humedad (La Torre, 2018).

Tabla 2. Caracterización físico-química de la *Manihot esculenta*

Componentes de la raíz	Contenido	Raíz*	Harina*
Energía	1460 kcal/kg	162 kcal/100	335 kcal/100
Humedad	66,00%	58,9%	14,3%
Carbohidratos	30.7%	39,3%	80,9%
Proteínas	1,2%	0,8%	1,7%
Grasa	0,2%	0,2%	0,5%
Fibra	3,1%	1,1%	1,8%
Ceniza	1,9%	0,8%	2,6%
Calcio	3,30 mg/kg	25mg	155 mg
Hierro	7 mg/kg	0,5 mg	5,3 mg
Fósforo	4,40 mg/kg	52 mg	110mg
Vitamina A	0,21 mg/kg	1,0 mg	0mg
Tiamina	0,6 mg/kg	0,04 mg	0,08 mg
Riboflavina	0,8 mg/kg	0,04 mg	0,07 mg
Niacina	6 mg/kg	0,76 mg	1,60 mg
Vitamina c	360 mg/kg		

Fuente: Ospina y Ceballos (2002) ap. Jiménez y Martínez,(2016);Collazos (1996)*

Por otra parte, la energía calórica o calorífica, es un mecanismo de transmisión de energía en calor a otro cuerpo por conducción, en base a las leyes de la termodinámica. Es por ello, la energía calorífica obtenida de cualquier tipo de biomasa incrementa cuando hay contenido de carbono e hidrógeno y baja cuando la presencia del oxígeno aumenta (Paredes, 2019). Es adquirida mediante los biocombustibles. En el Perú, la definición legal se puede apreciar en el artículo 2 de la ley N° 28054 - promoción del mercado de biocombustibles, indican que son productos con características técnicas requeridas por la normativa. Los biocombustibles con mayor presencia a nivel mundial son el etanol y el biodiesel extraídos de la caña de azúcar y el maíz (OSINERGMIN, 2017).

Los biocombustibles sólidos son derivados de biomásas sólidas, ello se puede usar de forma directa en los procesos de conversión energética y se obtiene mediante transformaciones, normalmente de naturaleza física, como el astillado, molienda y secado (Tojes, 2015). Los principales biocombustibles sólidos más usados, son obtenidos a través de la biomasa como: pellets, astillas de madera, huesos de aceituna, cáscara de frutos secos, la paja, restos de poda, la leña y los residuos forestales, son comúnmente usados en los comprimidos.

Los pellets que se fabricaron en este proyecto son una fuente alterna de energía renovable y limpia (Tabla 3), pues presentaron gran potencial de poder calorífico y brindaron un menor impacto ambiental en comparación a los pellets comerciales; ya que se emplearon biomásas de origen residual agrícola.

Tabla 3. Biomásas óptimas para la elaboración de pellets

Materias Primas	
Madera	Pino, Eucalipto, Roble, sarmiento (vid), Álamo, Olivo, Almendro, Álamo negro y encina.
Cereal	Avena, trigo y maíz.
Residuos	Paja de trigo, paja de cebada, rastrojo de maíz, residuos de poda del olivo (hojas de olivo), residuos de uva, rastrojo de maíz, etc
Palmas	Palma de coco y Palma aceitera.
Mezclas	Paja de arroz - bambú y Palma de coco - Palma aceitera.

Fuente: Trejo, Daniel (2018)

Por otro aspecto, las biomásas con fines energéticos según la Ley de Hess, indicó que el poder calórico de un cuerpo se puede calcular por el método analítico aplicando el principio de conservación de la energía a través de la ley de Hess. Pues el método analítico proporciona el valor aproximado del poder calórico de la biomasa en este caso residual, para ello es necesario conocer la composición elemental de la biomasa y los calores que conforman la producción de combustión el cual interviene en la reacción principal (Paredes, 2019).

De la misma manera, para determinar el poder calorífico de los pellets es indispensable conocer el contenido energético y las características físicas, iniciando por la humedad llamada también humedad relativa, es la relación de la masa de agua contenida por kilogramo de materia seca. Pues, si el contenido de humedad en la materia prima es menor, mayor será el valor calorífico de la biomasa. La mayoría de los procesos en los que se obtiene energía calórica se requiere valores inferiores al 30% de humedad (Lucas, 2012).

Seguidamente, el contenido de material volátil en la materia prima se encuentra entre el 60% y 80%, este se libera en la combustión de la biomasa en forma de gases y vapores. La cantidad de ceniza en la biomasa normalmente no sobrepasa el 5% de manera que si este valor incrementa posiblemente sea por la presencia de tierra, arena, entre otros aspectos (Valiente, 2017). La cantidad de ceniza está ligada al carbón fijo, ya que por lo contrario es la materia no volátil el cual se encuentra en el carbón y se quema en estado sólido. (Cely, 2016). Asimismo, fue necesario conocer estos parámetros para finalmente hallar el poder calorífico contenido en una unidad de masa, parámetro que determina la energía contenida en la biomasa y se interpreta como la cantidad de energía por unidad física como Joule por Kilogramo (Lucas, 2012).

En gran parte el poder calorífico depende de la densidad, puesto que es la relación de peso en masa por unidad de volumen (biomasa en estado físico), a mayor densidad mayor será el poder calorífico (Lucas, 2012). La densidad también influye directamente en la resistencia a la compresión del pellet, mientras mayor biomasa contenga más resistente será (dureza), indicando así la cantidad de carga que podría sostener el comprimido.

De igual importancia, para la elaboración de pellets se debe determinar en primer lugar las características físico – químicas y energética. Dentro de las características físico – químicas se halla porcentaje de humedad y se determina de acuerdo con el procedimiento dictado por la norma internacional ISO 18134-3:2015 para biocombustibles (Paredes, 2019).

Para la determinación del porcentaje de materia volátil. Según Neri (2002), se determina mediante la norma ASTM E 872– 82, de este modo se conoce el porcentaje de emisiones gaseosas combustionadas.

Para determinar el porcentaje de ceniza también se emplea el método de la norma internacional ISO 18122:2015 para biocombustibles (Paredes, 2019).

Para la determinación del carbón fijo, se contextualiza que el carbón fijo es el residuo seco, es el material carbonizado que queda después de determinar la materia volátil, mediante la norma ASTM D-3172 (Cely, 2016).

Para hallar el valor energético Díaz (2018), menciona que según la fórmula de Goutal, lo primero que se debe determinar es el porcentaje de carbono fijo y el material volátil.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo, diseño y nivel de investigación

La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo, el tipo de investigación fue aplicada debido que brindó una alternativa de disminución sostenible para la problemática de la explotación indiscriminada de los combustibles fósiles, la tala de árboles (biocombustible), el no reaprovechamiento de los residuos agrícolas y el aumento de los G.E.I. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), mencionan que el tipo de investigación cuantitativo consiste en la necesidad de medir y estimar magnitudes de la investigación, así como también en la recolección de datos y en el análisis de estos. Así mismo, Barroso (2018), indica que las investigaciones aplicadas de por sí se basan en la resolución de problemas cotidianos, de esta manera haciendo aportes tecnológicos, artesanales y sobre todo el aporte científico basándose en teorías confiables que han sido constantemente reproducidas.

El diseño de investigación para la obtención de pellets ecológicos utilizando residuos de trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* con aglutinantes naturales, fue de diseño experimental, de tipo cuasi experimental y subtipo pre-post prueba. De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), el diseño de esta investigación se realizó de manera experimental, ya que se requiere la manipulación intencional de las variables para analizar los posibles resultados, revisando previamente estudios con similitud.

El nivel de investigación para el presente estudio fue explicativo, ya que la previa revisión bibliográfica permitió explicar de manera coherente el desarrollo de la investigación. De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2014), señala que el nivel explicativo va más allá de la descripción de conceptos o fenómenos, ya que está dirigido a responder las causas de un suceso, determinando el comportamiento de una variable en función de otra. En este trabajo se manipuló la variable independiente, comprendiendo ello la biomasa y los aglutinantes, para poder hallar el valor energético, combustión, características físico-químicas y mecánica de los pellets. De la misma manera, Baena (2014) indica que el objetivo de una investigación explicativa es la solución de un problema a través de

estudios previos de fuentes confiables, los cuales serán llevados a la práctica, si ese es el caso la nueva información será reproducido y valorado teóricamente.

3.2. Variables y operacionalización

Las variables de la investigación se muestran en la Tabla 4 y en el Anexo 1 se presenta la operacionalización de dichas variables.

Tabla 4. Variables de investigación

Variables de investigación	
Residuos de trilla de <i>Hordeum vulgare</i> , <i>Pisum sativum</i> y <i>Vicia faba</i> con aglutinantes naturales	INDEPENDIENTE
Pellets ecológicos	DEPENDIENTE

3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

La población establecida para esta investigación fueron los residuos de trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* de la provincia Dos de Mayo - Huánuco.

La muestra para este proyecto fue de 15 Kg de residuos de la trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* de la provincia Dos de Mayo - Huánuco. De los cuales, 5 Kg de cada biomasa se destinará para la elaboración de pellets.

El método de muestreo fue no probabilístico de tipo intencional o por conveniencia, debido a que se usó de tres tipos de biomasa los cuales fueron residuos de la trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* de la provincia Dos de Mayo – Huánuco.

Para determinar la unidad de análisis, es preciso saber cuál es el elemento del que se va a extraer la información necesaria para la ejecución del proyecto (Díaz, 2018). La unidad de análisis para el proyecto de investigación representó a un pellet.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de recolección de datos fue la observación, debido a que este procedimiento permitió recolectar y organizar información del fenómeno a observar. Asimismo, facilitó la determinación de los parámetros físicos, mecánico, combustión y energético, ya sea los análisis de humedad, materia volátil, cenizas, carbón fijo y poder calorífico.

Se empleó como instrumento tres fichas de recolección de datos (Tabla 5) que se muestran en el Anexo 2 y que se denominaron como:

Tabla 5. Fichas de recolección de datos

Ficha 1	Análisis inicial inmediato de biomasas y aglutinantes
Ficha 2	Control de la composición de pellets
Ficha 3	Análisis general de los pellets ecológicos

La validez del trabajo permitió al instrumento medir los parámetros físico-químicos, mecánicos, energéticos y de combustión. Además, incluyó la noción experimental y determinó si los resultados que se obtuvieron mediante los análisis cumplen con los requisitos del método científico. En este trabajo de investigación se realizó la aplicación de la validez por contenido.

La confiabilidad es imprescindible, ya que permitió la repetición del experimento bajo las mismas condiciones, obteniendo los mismos resultados. Cabe resaltar que permitió, la aceptación científica de la hipótesis planteada en la investigación.

Para que el instrumento de la presente investigación sea confiable, fue validado (Anexo 3) y aprobado por el juicio de cuatro profesionales especialistas (Tabla 6), en defecto ingenieros colegiados y conocedores de la materia. La confiabilidad se demostró con las fichas de recolección de datos, para un mayor sustento a la investigación.

Tabla 6. Validación de instrumentos

Especialistas	Profesión	Número de colegiatura	% de validación
Dr. Elmer Gonzales Benites Alfaro	Ingeniero Químico/ Ambiental	71998	95%
Mg. Ing. Fiorella Vanessa Guere Salazar	Ingeniera Ambiental	131344	91.7%
Dr. Carlos Francisco Cabrera Carranza	Ingeniería Industrial	46572	90%
Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera	Ingeniero Metalúrgico	130267	90%
Promedio total de validación			91.68%

3.5. Procedimiento

El procedimiento para la elaboración de pellets (Figura 8), se mostraron en un diagrama general divididos por etapas.

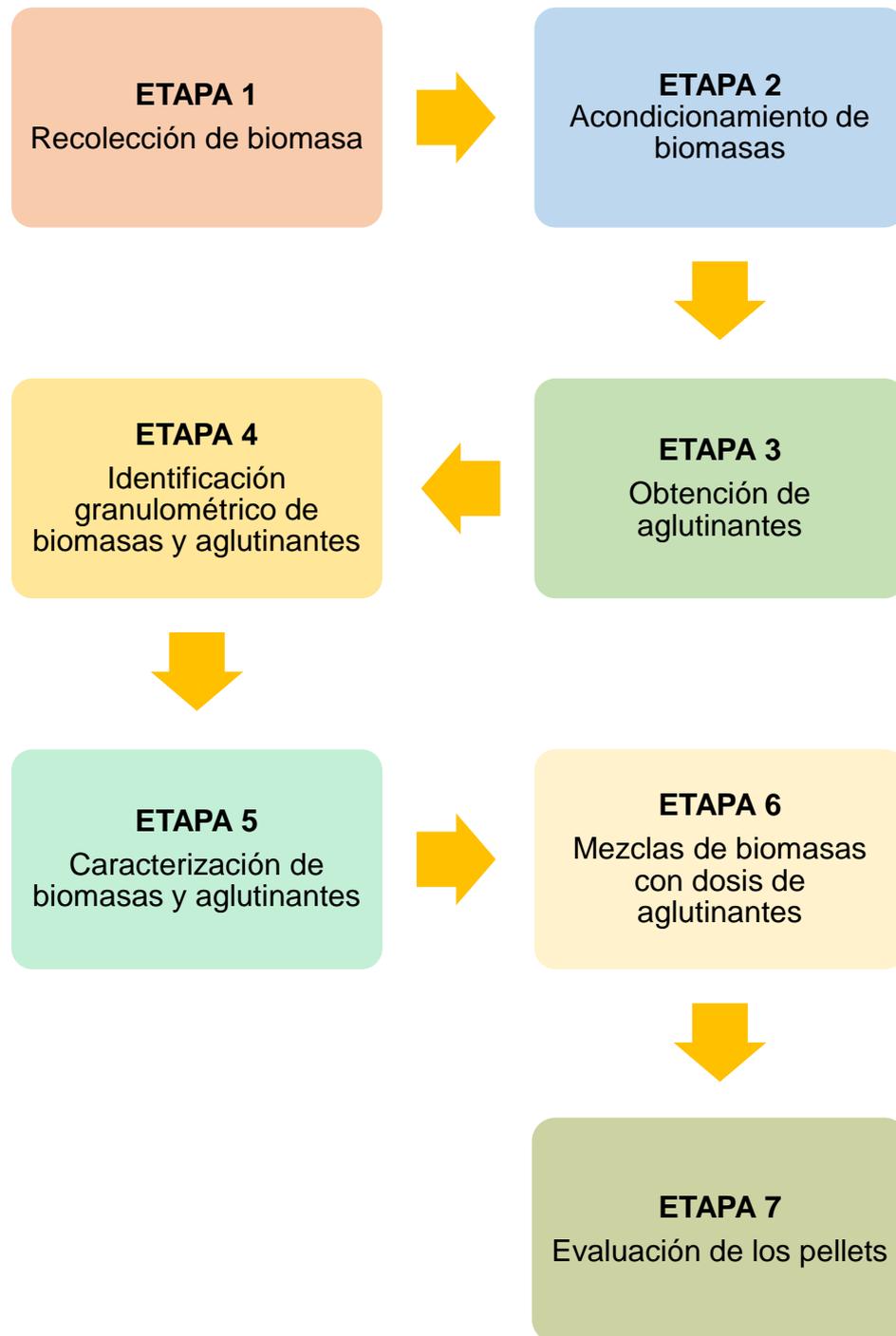


Figura 8. Diagrama para la elaboración de pellets

Etapa 1: Recolección de biomásas

a) Ubicación del lugar

Se ubicó en la provincia de Dos de Mayo (figura 9) en el departamento de Huánuco.



Fuente: Plataforma Google Earth Pro (2020)

Figura 9. Ubicación de las biomásas en Google Earth Pro

b) Obtención de biomásas

Se trabajó con tres tipos de biomásas (figura 10, 11 y 12), siendo residuos de la trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* que fueron transportadas a Lima 5 kilos de cada biomasa, posteriormente sirvieron para la fabricación de los pellets.



Figura 10. Trilla de *Hordeum vulgare*



Figura 11. Trilla de *Pisum sativum*



Figura 12. Trilla de la *Vicia faba*

Etapa 2: Acondicionamiento de biomásas

Las biomásas pasaron por distintos procesos de acondicionamiento (Figura 17), con el fin de prepararlas para la elaboración de los pellets.

a) Secado: Las biomásas tuvieron un pre secado a temperatura ambiente del departamento de Huánuco, posteriormente fueron traídas al lugar de trabajo y nuevamente secadas a temperatura ambiente por 7 días.

b) Picado: Antes de realizar la molienda, se procedió a realizar un picado raudo, con el fin de eliminar los residuos de gran tamaño y realizar una molienda eficaz.

c) Molienda: La molienda de las biomásas fue realizada con una máquina industrial, el potente molinillo es usado normalmente en la molienda de animales de granja (Figura 13, 14, 15 y 16).



Figura 13. Molienda de las biomásas

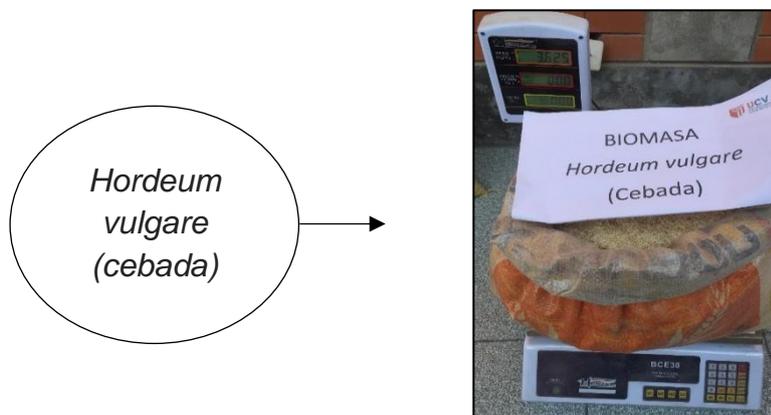


Figura 14. Pesado de la *Hordeum vulgare* molida

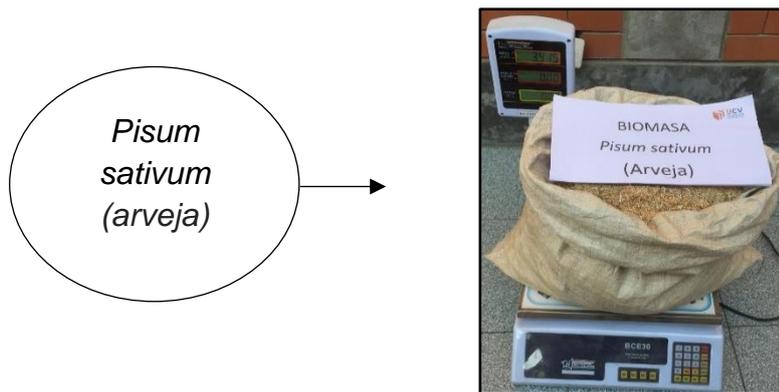


Figura 15. Pesado de *Pisum sativum* molida



Figura 16. Pesado de *Vicia faba* molida

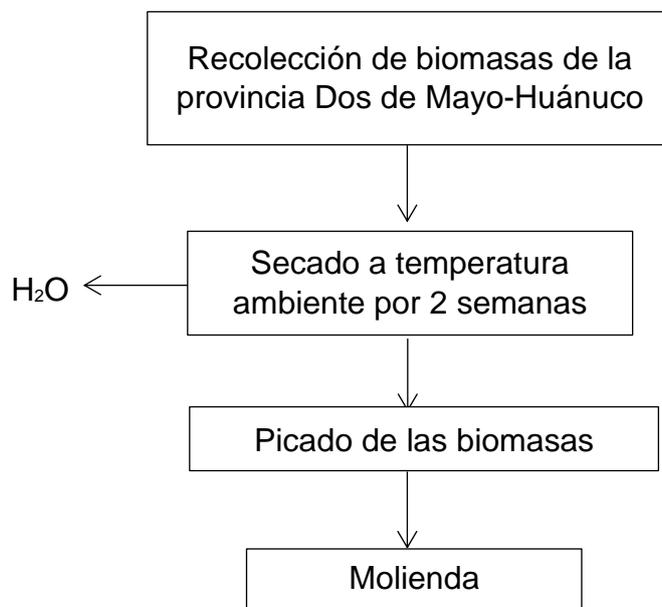


Figura 17. Proceso de recolección y acondicionamiento de las biomazas

Etapa 3: Obtención de los aglutinantes

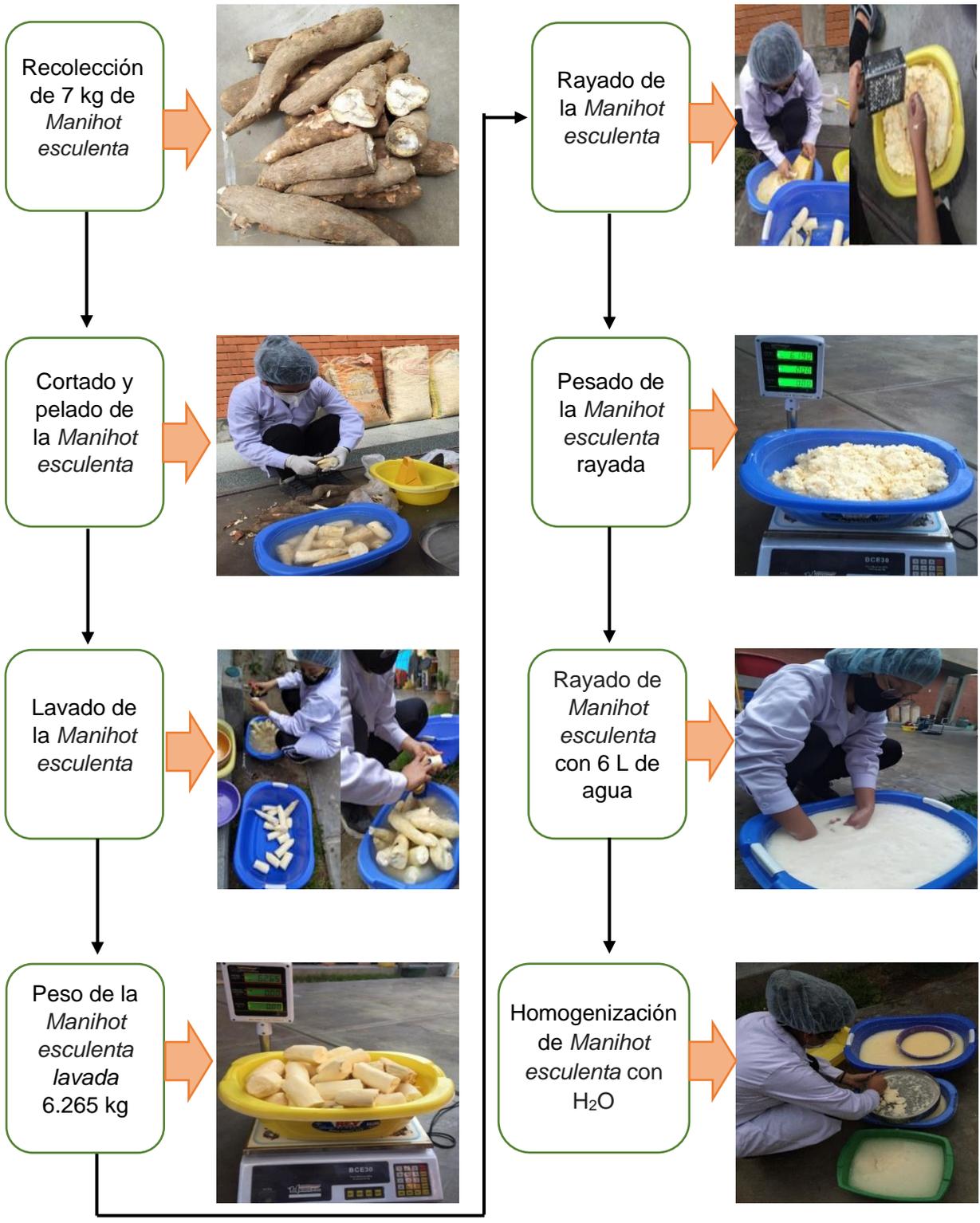
Se utilizaron para el presente estudio los aglutinantes de almidón a partir de *Manihot esculenta* y endocarpio pétreo de *Carya illinoensis*, recolectados del mercado Villa Sur – V.E.S (Figura 18 y 19), fueron obtenidos de una manera convencional (Figura 20, 21, 22 y 23) y que no requiere el uso de compuestos químicos, ya que puede interferir en la combustión de los pellets. Las *Manihot esculenta* usadas ya no estaban en condiciones para ser comercializados de acuerdo a los negociantes del mercado. El aglutinante de *Manihot esculenta* pasó por un proceso de acondicionamiento para su uso, utilizando una cacerola antiadherente con 500 ml de agua y 100 g de almidón de *Manihot esculenta* a fuego medio removido hasta presentar una consistencia viscosa.



Figura 18. Recolección del *Manihot esculenta*



Figura 19. Recolección del endocarpio pétreo *Carya illinoensis*



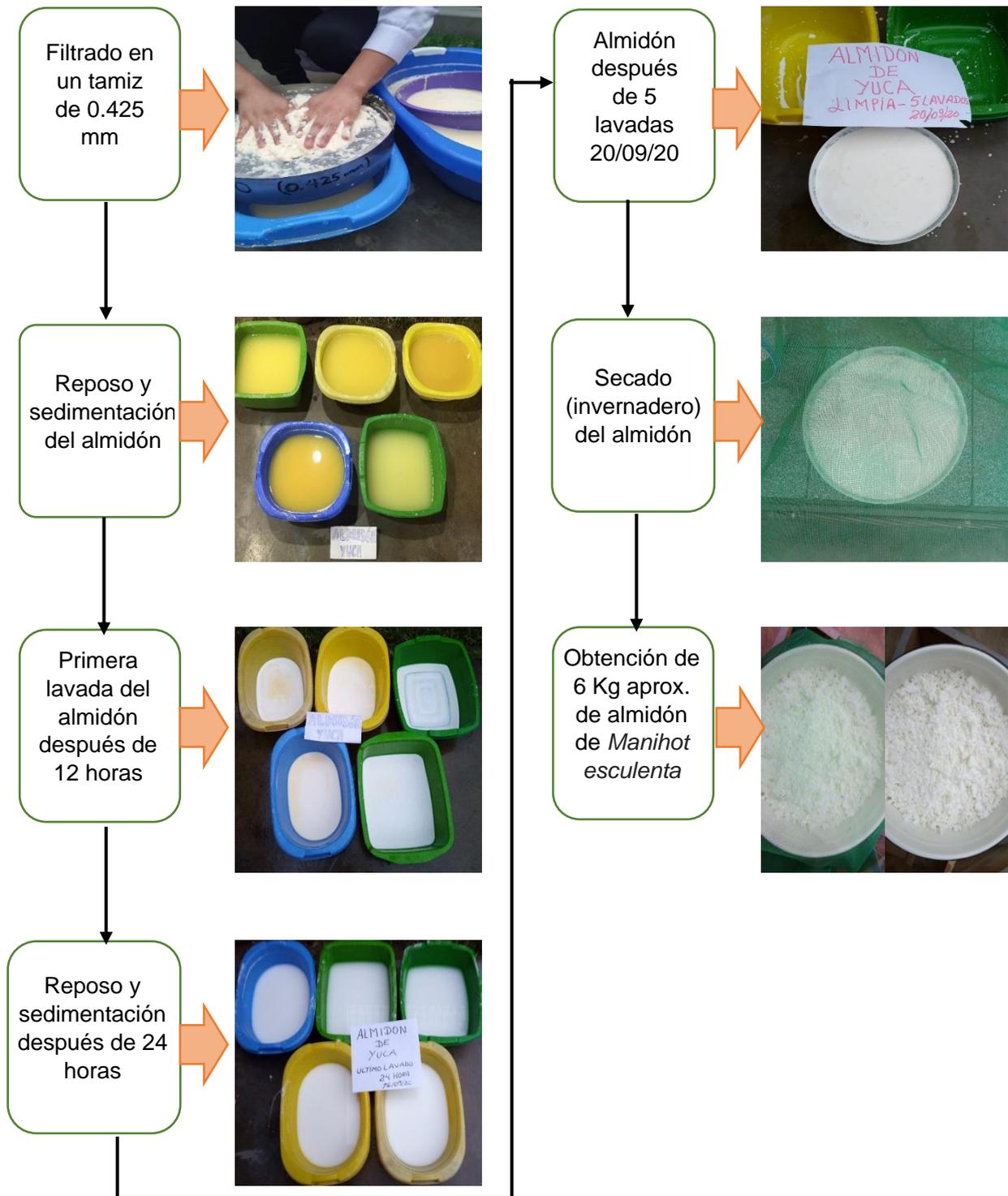


Figura 20. Proceso de obtención del aglutinante a partir de *Manihot esculenta*

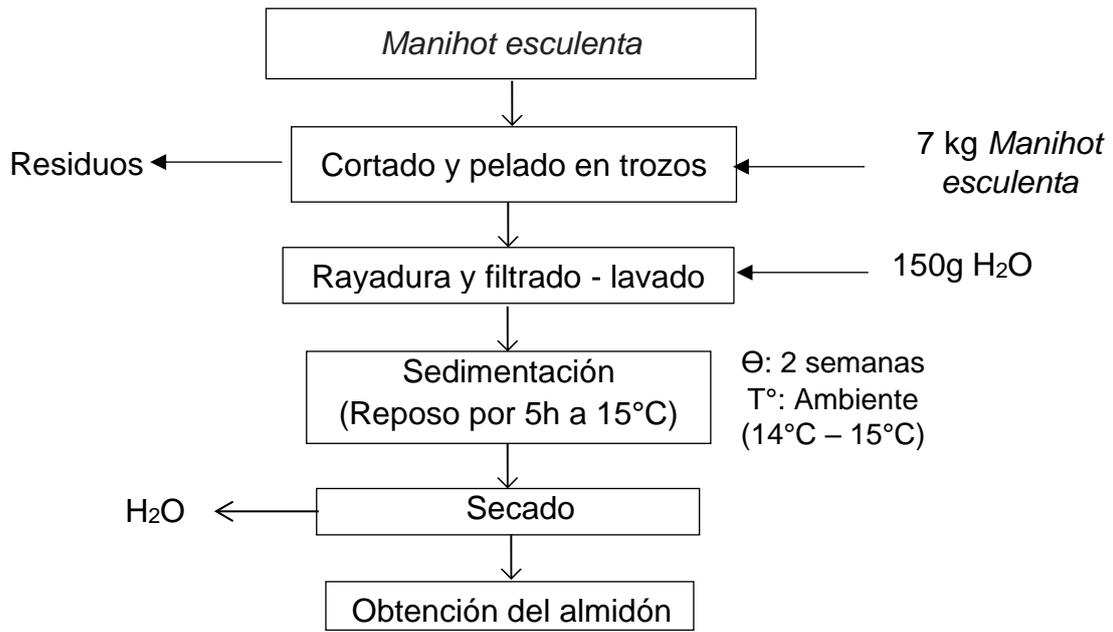


Figura 21. Flujograma de obtención del almidón de *Manihot esculenta*

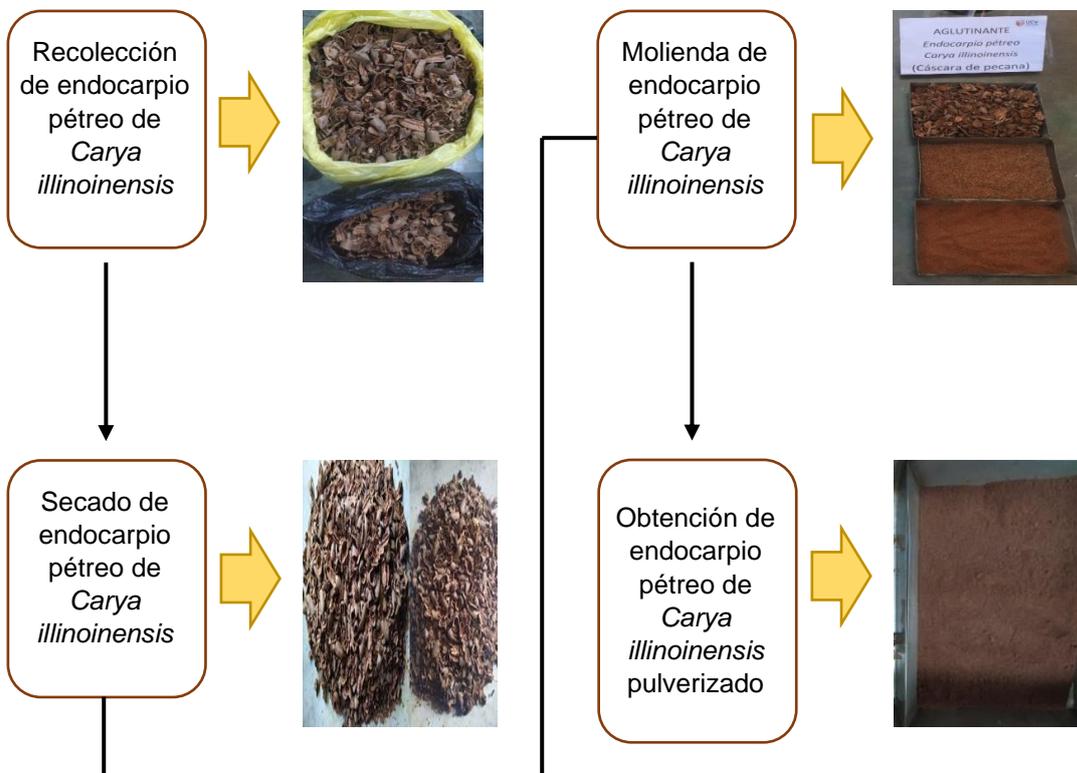


Figura 22. Proceso de obtención del aglutinante de *Carya illinoensis*

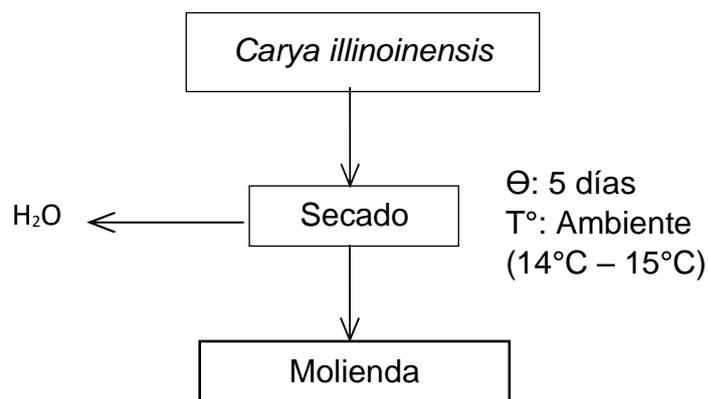


Figura 23. Flujograma de obtención del aglutinante de *Carya illinoensis*

Etapa 4: Identificación granulométrica de las biomásas y aglutinantes

Los análisis granulométricos fueron realizados a las tres biomásas y al endocarpio pétreo de *Carya illinoensis* molida.

a) Análisis granulométrico de las biomásas

Los análisis granulométricos de la *Vicia faba*, *Pisum sativum* y *Hordeum vulgare* fueron realizados con 5 diferentes tipos de mallas (Figura 24).



Figura 24. Mallas de 45, 30, 20, 10 y 5 respectivamente

b) Análisis granulométrico del endocarpio pétreo de *Carya illinoensis* molida

El análisis granulométrico del endocarpio pétreo de *Carya illinoensis* molida fue realizado con malla de 60% - 100 (Figura 25).

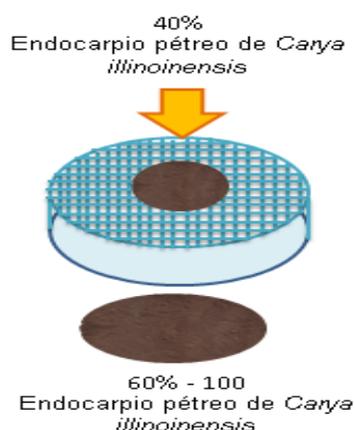


Figura 25. Tamizado del endocarpio pétreo de *Carya illinoensis*

Etapas 5: Caracterización de las biomásas y aglutinantes

Los análisis iniciales físico-químicos que se llevaron a cabo fueron los siguientes: temperatura, potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica, potencial redox, densidad, cantidad humedad, cantidad de cenizas, cantidad de materia volátil, carbón fijo y poder calorífico, siendo estos los mismos procedimientos utilizados en el análisis del contenido (mezcla) de los pellets.

Los análisis de temperatura, potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica y potencial redox (Eh) se realizaron mediante el método potenciométrico, realizando previamente un extracto. Así mismo, Husson (2013) indica que los parámetros de potencial de redox y potencial de hidrógeno no son independientes, ya que el Eh aumenta con la acidificación y este disminuye con la alcalinización, esta característica no solo considera la actividad de los electrones sino también está relacionada con la actividad de los protones. La paja fresca tiene un potencial redox de + 150 mV aproximadamente con pH 5.5 - 7 y cuando entran en descomposición varían de 0 con pH de 7.7. El proceso de formación y emisión de CH₄ están controlados por Eh y pH. Además, Chakir, et al. (2016) mencionan que la conductividad eléctrica está relacionada con la concentración

de ácidos minerales y orgánicos, los valores presentan variaciones según el origen del vegetal al incrementarse mayor es la capacidad de la solución para conducir electricidad, mientras que a menor valor la capacidad de las soluciones para conducir electricidad es reducida.

Por otro lado, el análisis de densidad se realizó mediante el método del cilindro biselado, consistió en el uso de un cilindro biselado con volumen conocido contenido dentro las muestras se secó en el horno a una temperatura de 105°C por un tiempo de 60 minutos, luego se procedió al pesado de las muestras para la obtención de los datos que fueron utilizados para hallar la densidad.

Se utilizó como referencia metodológica para determinar el porcentaje de humedad el método ASTM D-2216 (2010) / ISO 1170 (Figura 26).

Posteriormente, para el análisis de porcentaje de humedad de las biomásas y aglutinantes, fueron realizados con los siguientes pasos: en los aglutinantes fue pesado cierta cantidad (g) de endocarpio pétreo de *Carya illinoensis* molida (cáscara de pecana molida) y almidón de *Manihot esculenta* (yuca) en una cápsula de porcelana, después fue llevado al horno a una temperatura de 105°C por un tiempo de 60 min. Del mismo modo, se pesaron cierta cantidad (g) de residuo de *Vicia faba* (haba), *Pisum sativum* (arveja) y *Hordeum vulgare* (cebada) en una cápsula de porcelana, luego fue colocado al horno a una temperatura de 105°C por un tiempo de 60 min.

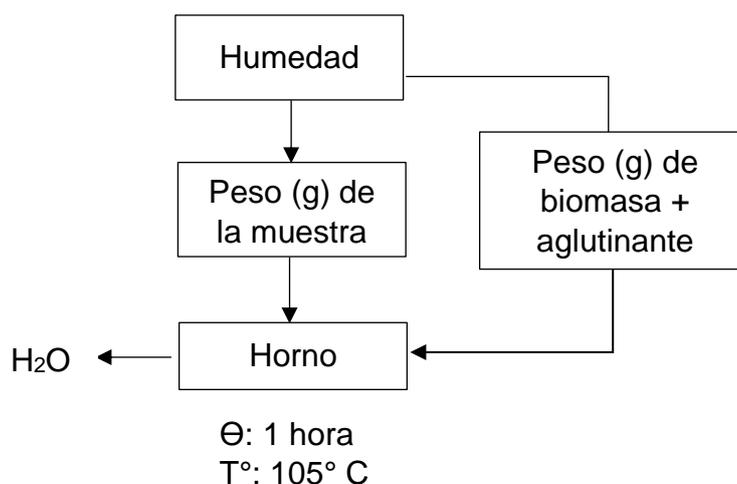


Figura 26. Flujograma para el análisis porcentaje de humedad

Se utilizó el método ASTM D-3175 (2015) (Figura 27), para determinar el porcentaje de materia volátil.

Por consiguiente, para el análisis de porcentaje de materia volátil de las biomásas y aglutinantes, fueron realizados con los siguientes pasos: en los aglutinantes fue pesado cierta cantidad del aglutinante de endocarpio pétreo de *Carya illinoensis* molida (cáscara de pecana molida) y almidón de *Manihot esculenta* (yuca) en una cápsula de porcelana, después fue introducido en la mufla a una temperatura de 900°C por un tiempo de 7 min. Del mismo modo, se pesó cierta cantidad (g) del residuo de *Pisum sativum* (arveja), *Hordeum vulgare* (cebada) y *Vicia faba* (haba) en una cápsula de porcelana, posteriormente se llevó a la mufla a una temperatura de 900°C por un tiempo de 7 min. Para realizar este análisis la muestra necesariamente tuvo que calcinarse.

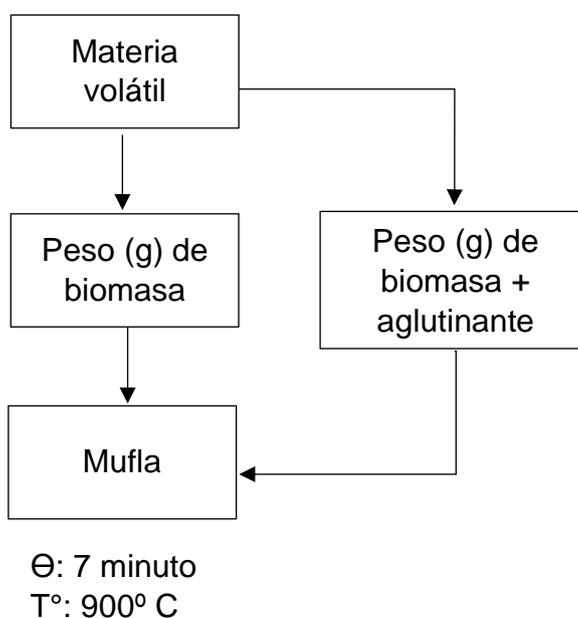


Figura 27. Flujograma para el análisis de materia volátil

Se tomó como referencia el método ASTM D-5142 (2015) (figura 28) para determinar el porcentaje de cenizas (muestras secas).

Seguidamente, para el análisis de porcentaje de cenizas de las biomásas y aglutinantes, se realizaron los siguientes pasos: en los aglutinantes se pesó cierta cantidad (g) de *Carya illinoensis* molida (cáscara de pecana molida) y almidón de *Manihot esculenta* (yuca) en un crisol de porcelana, posteriormente se

introdujo a la mufla a una temperatura de 900°C por un tiempo de 60 min. Luego, se pesó cierta cantidad (g) de las biomásas de *Vicia faba* (haba), *Pisum sativum* (arveja) y *Hordeum vulgare* (cebada) en un crisol de porcelana, posteriormente fue llevado a la mufla a una temperatura de 900°C por un tiempo de 60 min.

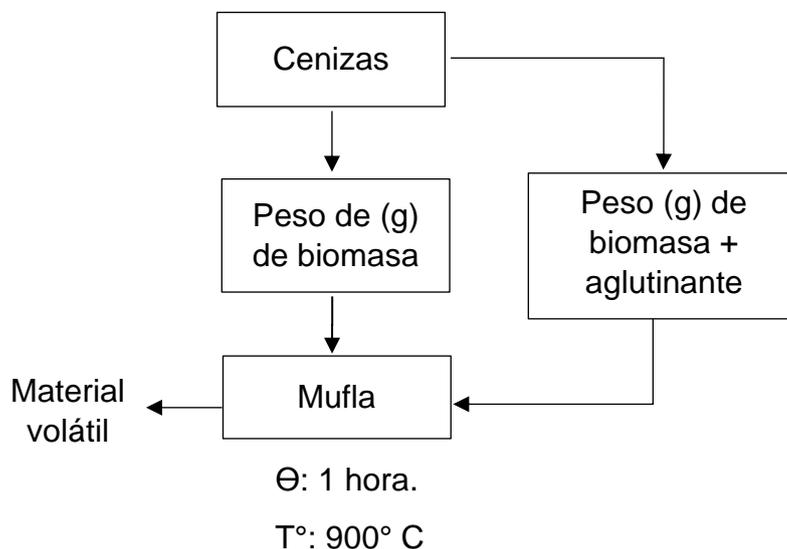


Figura 28. Flujograma para el análisis de cenizas

Así mismo, los datos que resultaron del porcentaje de ceniza y la materia volátil, fue reemplazado en la ecuación 7 para determinar el porcentaje de carbono fijo. Después que se obtuvo el porcentaje de carbono fijo, los datos de este y el material volátil, fueron reemplazados en la ecuación 8 para hallar finalmente el poder calorífico.

Etap 6: Mezcla de biomásas con dosis de aglutinantes

Se elaboró la mezcla de los pellets con los residuos de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba*, homogenizado con los aglutinantes de endocarpio pétreo de *Carya illinoensis* molido (cáscara de pecana molido) y almidón de *Manihot esculenta* (yuca) (Figura 29), cada una con un volumen de agua y tiempo de homogenización con las proporciones especificadas en la Tabla 18. Para ello se diseñó un molde (véase Anexo 5) de 15 mm de diámetro interno y 33 cm de longitud total con una entrada principal de 5.5 cm de diámetro interno (entrada de biomasa). Seguidamente, se realizaron los análisis explicados en la etapa 5 a la mezcla de los pellets.

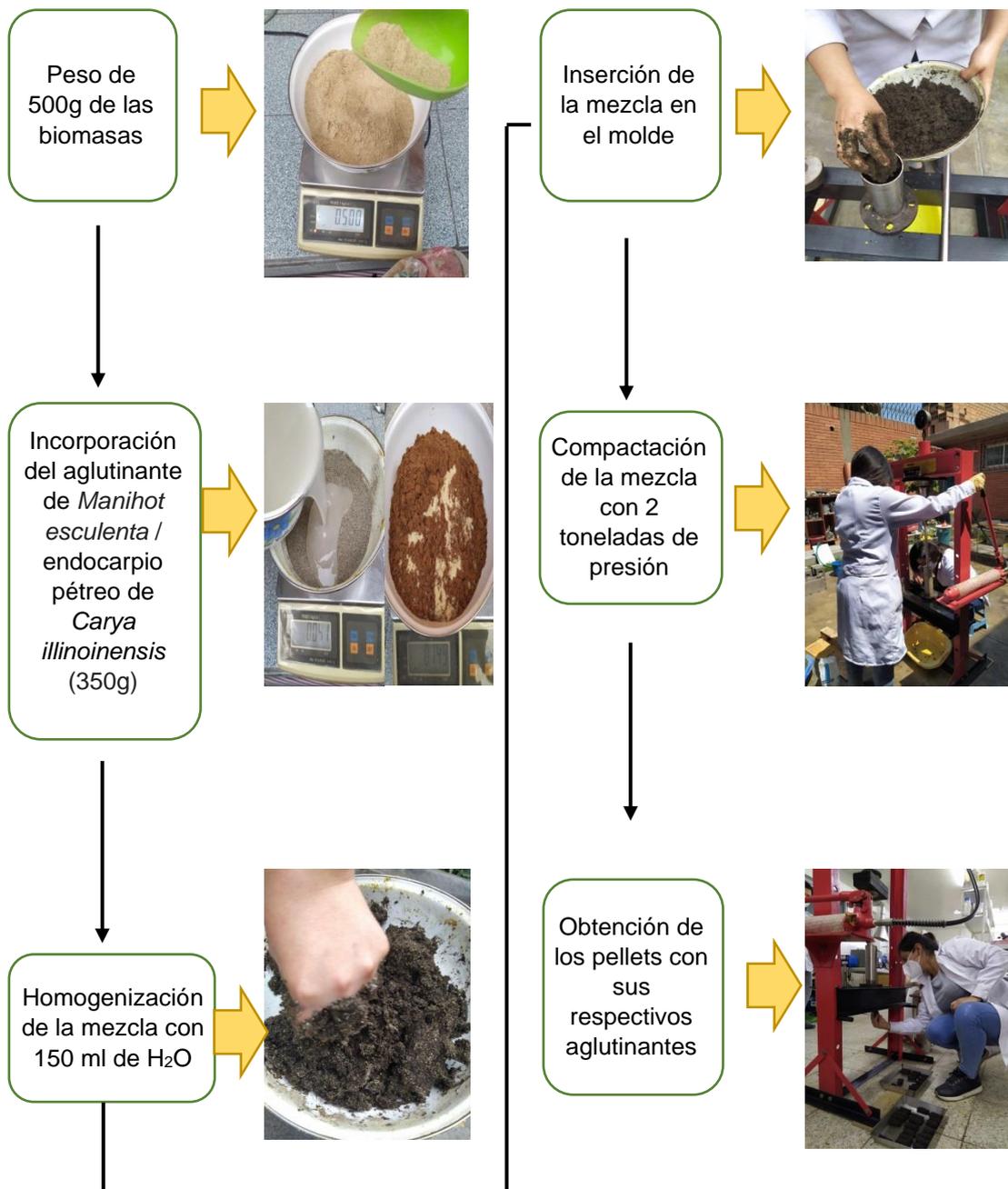


Figura 29. Mezcla de biomasas con aglutinantes

Etapa 7. Evaluación de los pellets

La eficiencia de los pellets se realizó mediante la resistencia a la compresión (característica mecánica) de los biocombustibles sólidos previamente secados. También se dio a conocer a través del tiempo de ebullición del agua (water boiling test) y la densidad que es la relación de peso en masa por unidad de volumen. A continuación, el procedimiento brevemente.

a) Densidad de los pellets

La densidad del pellet se determinó mediante la ecuación 2, se tuvo en cuenta que un cuerpo tiene mayor densidad cuando en cierto volumen ingresa mayor cantidad de materia, para obtener el volumen del pellet se utilizó la ecuación 1 (Figura 30). Así mismo, se midió la longitud y el diámetro, luego se pesó la biomasa comprimida en una balanza, los cuales fueron datos que se generaron en la aplicación de este proceso para ser reemplazados en la fórmula 2 (Trejo, 2018).

$$V_p = \left(\frac{\pi D^2}{4}\right) * L \quad (1)$$

Dónde:

V_p : Volumen del pellet (cm^3)

D : Diámetro (cm)

L : Longitud (cm)

$$\rho_p = m_p / V_p \quad (2)$$

Dónde:

ρ_p : Densidad del pellet (g/cm^3)

m_p : Peso del pellet (g)

V_p : Volumen del pellet (cm^3)

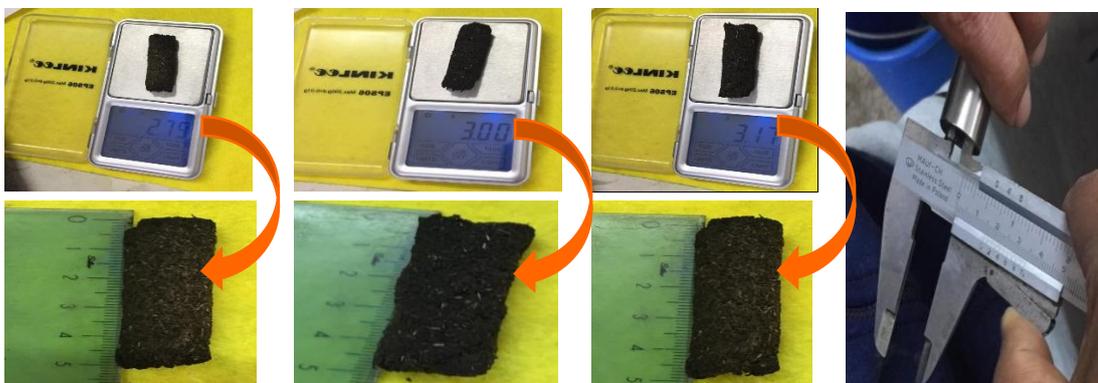


Figura 30. Densidad de los pellets

b) Resistencia a la compresión

Se realizó mediante la aplicación de fuerza constante, utilizando una prensa hidráulica con una balanza digital (Figura 31). Según Cancho (2015), manifestó que la resistencia a la compresión también es conocida como dureza, pues indicará la cantidad de carga que puede soportar un pellet antes de romperse. Se determinó mediante el uso de un durómetro, pues aplica una fuerza constante hasta llegar a la rotura. El durómetro indicará la fuerza límite que resiste el material, para así conocer su comportamiento al ser transportado de un lado a otro.



Figura 31. Resistencia a la compresión de pellets

c) Tiempo de ebullición del agua (water boiling test)

De igual importancia Narros y De La Sota (2017), mencionaron como se determina el tiempo de combustión del pellet, medido a través de la prueba de ebullición de agua WBT por sus siglas en inglés (water boiling test) versión 4.2.2. Conteniendo tres tipos: El primero empezó con el arranque frío (cold start), la cocina se encontraba a temperatura ambiente y se colocó un paquete de comprimidos pre pesado de combustible para hervir una cierta cantidad de agua. La segunda, inició en alta potencia de arranque caliente (hot start), se reemplazó el agua hervida con otra a temperatura ambiente, quiere decir que este empezó con la cocina previamente calentada, los cálculos y mediciones son idénticos a diferencia que el carbón restante no se extraerá ni se pesará; finalmente, la tercera se inició a fuego lento (simmer), ello se dio cuando el agua caliente por debajo del punto de ebullición a temperatura media (Figura 32).

Como datos de la prueba de WBT, el procedimiento mostró kilogramos de combustible que se ha consumido, la cantidad de agua hervida y la duración total de la prueba, el cual indicó el aprovechamiento de la biomasa durante la prueba. Para este trabajo se empleó medio litro de agua por cada prueba y cambio.

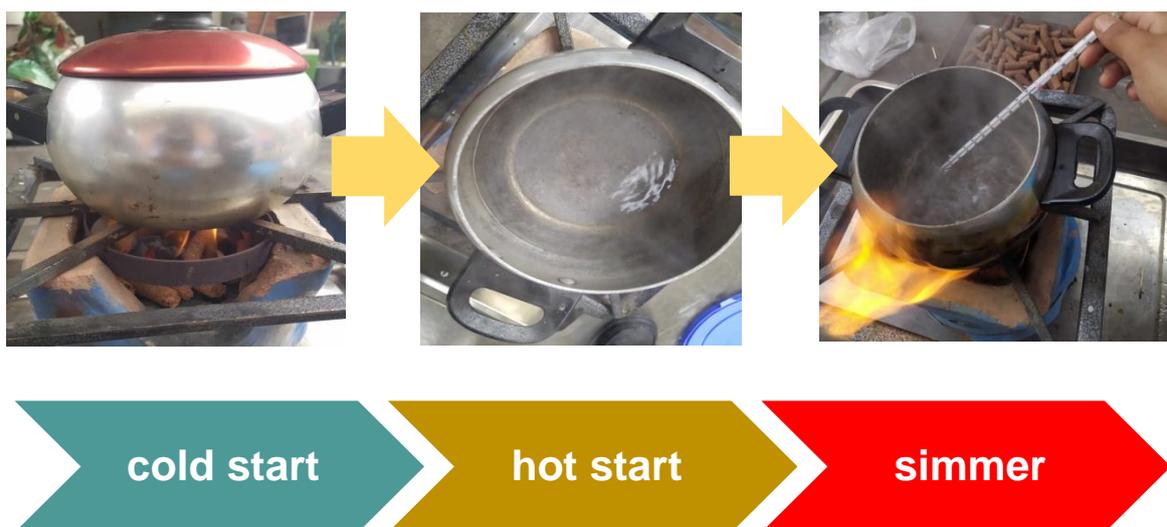


Figura 32. Proceso de tiempo de ebullición del agua

3.6. Métodos de análisis de datos

Para la ejecución del análisis de datos se utilizó la estadística descriptiva, empleando Shapiro Will Wilk (aplicado para muestras menores a 30) para determinar si los datos del proyecto de investigación presentaron una distribución normal, si el caso de los resultados obtenidos fuera menor al 5% quiere decir ($p < 0.05$) se rechazará la hipótesis nula. Con respecto al análisis de los resultados, previamente después de ser rechazado la H_0 , se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) en algunos parámetros con la finalidad de determinar el pellet con mayor energía calorífica que se elaboró a partir de los residuos de la trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* con aglutinantes naturales. Finalmente, el análisis estadístico se realizó a un nivel de confianza del 95%.

3.7. Aspectos éticos

El presente proyecto de investigación titulado “Pellets ecológicos utilizando residuos de trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* con aglutinantes naturales, Dos de Mayo, Huánuco - 2020”, fue auténtico, basándose en el principio de honestidad con respecto al contenido y en el cumplimiento de lo escrito del código de ética en la resolución del consejo universitario N°0126 - 2017. De igual manera en el uso de la resolución del consejo universitario N°0200 - 2018 de la Universidad Cesar Vallejo para la guía de las líneas de investigación, seguido del reglamento N° 0089-2019, el cual nos brindó los pasos detallados para la elaboración del trabajo con relación al uso adecuado de las informaciones disponibles y derecho de autor y finalmente, en el Turnitin el cual no debe exceder del 25% de similitud con los trabajos utilizados como fuente de investigación para la elaboración de este proyecto.

Así mismo, la investigación se enfatizó en el uso de diferentes biomásas para elaboración de un combustible sostenible y eco amigable con el medio ambiente, como fue el caso del uso de residuos de la trilla *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba*, por tal motivo, reafirmamos nuestro compromiso con el cuidado del medio ambiente durante el proceso de desarrollo de este estudio.

IV. RESULTADOS

De acuerdo a los objetivos planteados en el trabajo de investigación se obtuvieron los resultados mostrados a continuación:

4.1. Identificación granulométrica de las biomásas y aglutinantes

Tabla 7. Análisis granulométrico de *Hordeum vulgare*

Malla Nº	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Retenido (%)	Acumulado (%)	
				+ retenido	- pasa
					100
Nº5	4.00	1.492	3.4975035	3.4975	96.5025
Nº10	2.00	10.654	24.974800	28.4723	71.5277
Nº20	0.850	15.516	36.372160	64.8445	35.1555
Nº30	0.600	6.118	14.341639	79.1861	20.8139
Nº45	0.355	3.345	7.841253	87.0274	12.9726
Nº-45	-0.355	5.534	12.972644	100	0.00
		42.847	100		

La biomasa de *Hordeum vulgare* se sometió a un tamizado en las mallas que se indican en la **Tabla 7** obteniendo las cantidades retenidas correspondientes. Con dichas cantidades de cada malla se elaboró pellets determinando luego de varias pruebas que la biomasa de Nº30 con abertura de 0.600 mm presentó mejores características de calidad.

Tabla 8. Análisis granulométrico de *Pisum sativum*

Malla Nº	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Retenido (%)	Acumulado (%)	
				+ retenido	- pasa
					100
Nº5	4.00	1.714	4.0886429	4.0886	95.9114
Nº10	2.00	6.659	15.884640	19.9733	80.0267
Nº20	0.850	14.649	34.944300	54.9176	45.0824
Nº30	0.600	5.633	13.437179	68.3548	31.6452
Nº45	0.355	4.010	9.565612	77.9204	22.0796
Nº-45	-0.355	9.256	22.079626	100	0.00
		41.921	100		

Comprendido en la **Tabla 8**, se sometió a la biomasa de *Pisum sativum* a un tamizado de mallas elaborando pellets luego de someterse a varias pruebas la malla N°30 presentó mejores características, dando pase a su reproducción.

Tabla 9. Análisis granulométrico de *Vicia faba*

Malla N°	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Retenido (%)	Acumulado (%)	
				+ retenido	- pasa
					100
N°5	4.00	2.434	4.3321942	4.3322	95.6678
N°10	2.00	19.171	34.121814	38.4540	61.5460
N°20	0.850	16.983	30.227467	68.6815	31.3185
N°30	0.600	6.635	11.809412	80.4909	19.5091
N°45	0.355	3.660	6.514310	87.0052	12.9948
N°-45	-0.355	7.301	12.994803	100	0.00
		56.184	100		

Expresado en la **Tabla 9**, la biomasa *Vicia faba* se sometió a un tamizado, con dichas granulometrías se elaboró pellets determinando luego de varias pruebas que la biomasa de malla N°30 con abertura de 0.600 mm presentó mejores propiedades y características.

4.2. Caracterización de las biomásas y aglutinantes

a) Caracterización físico-química de biomásas y aglutinantes

Para iniciar la caracterización de las biomásas se realizó en primer lugar la preparación de un extracto de cada biomasa, detallada en la **Tabla 10**.

Tabla 10. Extracto de biomásas y aglutinantes

Código	Peso de la Muestra (g)	Volumen de agua destilada (ml)	Tiempo de agitado (min)	Revoluciones del agitado (RPM)
CI-BAR	50	200	30	30 RPM
CI-BCE	50	200	30	30 RPM
CI-BHA	50	200	30	30 RPM
CI-AY	50	200	30	30 RPM
CI-CP	50	200	30	30 RPM

Dónde:CI-BAR: Biomasa de *Pisum sativum*CI-BCE: Biomasa de *Hordeum vulgare*CI-BHA: Biomasa de *Vicia faba*CI-AY: Almidón de *Manihot esculenta*CI-CP: Endocarpio pétreo *Carya illinoensis***Tabla 11. Parámetros físico – químicos de biomásas y aglutinantes**

Código	Temperatura (°C)	Potencial de hidrógeno (1-14)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Potencial redox (mV)
CI-BAR	20.7	5.71	3004	110
CI-BCE	20.7	5.77	1540	80
CI-BHA	20.7	5.49	3980	115
CI-AY	20.7	6.46	645	61
CI-CP	20.7	5.46	1260	68

De acuerdo a la **Tabla 11**, se realizó los análisis de los parámetros físico-químicos mediante el método potenciométrico, observando que el potencial de hidrógeno de la disolución en general presenta una tendencia ácida <7, el potencial redox incrementa teóricamente con la acidificación y la conductividad eléctrica presentaron valores altos siendo considerable la capacidad de la solución para conducir electricidad.

Tabla 12. Densidad aparente de biomásas

Código	Peso de la tara (g)	Peso de la muestra húmeda+ tara (g)	Peso de la muestra seca 105°C x 60 minutos (g)	Volumen del cilindro biselado (cm ³)	Densidad Aparente (g/cm ³)
CI-DAR	458	498	494	229.4	0.157
CI-DCE	459	490	488	229.4	0.126
CI-DHA	462	520	513	229.4	0.222

Enunciado en la **Tabla 12**, la biomasa de *Vicia faba* obtuvo una mayor densidad de 0.222g/ cm³ a diferencia de las otras dos biomasa.

Dónde:

CI-DAR: Biomasa de *Pisum sativum*

CI-DCE: Biomasa de *Hordeum vulgare*

CI-DHA: Biomasa de *Vicia faba*

Seguidamente, se utilizó la ecuación 3 para el análisis de densidad aparente mediante el método del cilindro biselado, detallado en la **Tabla 12**.

$$V_c = \pi * r^2 * H \quad (3.7)$$

Dónde:
 V_c : volumen del cilindro = 229.4 cm³
 r : radio = 2.6 cm
 H : altura del cilindro = 10.8

$$D_a \text{ (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Peso de biomasa seco } 105^\circ\text{C x 60 minutos}}{\text{Volumen del cilindro}} \quad (3)$$

Consecutivamente, se realizó el análisis de porcentaje de humedad aplicando la ecuación 4, según el método ASTM D2216 precisados en la Tabla 13.

$$\%H = \frac{(\text{Peso capsula+ muestra}) - (\text{Peso capsula+ muestra a } 105^\circ\text{C})}{(\text{peso muestra + muestra}) - \text{peso muestra}} * 100 \quad (4)$$

Tabla 13. Humedad inicial de biomasa y aglutinantes

Código	Peso de crisol (g)	Peso de crisol + Muestra (g)	Peso de muestra (g)	Peso de crisol + Muestra a 105°C x 2h (g)	Humedad (%)
CI-AR	47.0523	50.2226	3.1703	49.8532	11.65
CI-CE	43.5959	47.0661	3.4702	46.7233	9.87
CI-AR	44.8704	47.8351	2.9647	47.3934	14.89
CI-AY	55.1874	68.6736	13.4862	63.1618	40.87
CI-CP	48.396	60.341	11.945	54.713	47.116

De acuerdo con la **Tabla 13**, las biomásas se encontraron dentro de los parámetros de la norma DIN 51731 a excepción de la biomasa *Vicia faba* y aglutinantes, pues presentaron un rango mayor a 12%, debido a posibles factores como la humedad del ambiente.

Dónde:

CI-AR: Biomasa de *Pisum sativum*

CI-CE: Biomasa de *Hordeum vulgare*

CI-AR: Biomasa de *Vicia faba*

CI-AY: Almidón de *Manihot esculenta*

CI-CP: Endocarpio pétreo *Carya illinoensis*

Posteriormente, se realizó el análisis de materia volátil aplicando la ecuación 5 mediante el método ASTM D3175-2015 precisado en la Tabla 14.

$$\%MV = \frac{(\text{Peso crisol+ muestra}) - (\text{Peso crisol+ muestra a } 900^{\circ}\text{Cx7})}{(\text{Peso crisol+ muestra}) - \text{peso crisol}} * 100 \quad (5)$$

Tabla 14. Materia volátil inicial de biomásas y aglutinantes

Código	Peso de crisol (g)	Peso de crisol + Muestra (g)	Peso de muestra (g)	Peso de crisol + Muestra a 900°C x 7'	Materia volátil (%)
CI-AR	28.2922	28.6746	0.3820	28.3552	83.61
CI-CE	24.2242	24.7395	0.5153	24.2789	89.38
CI-HA	24.8268	25.3673	0.5405	24.9535	76.55
CI-AY	26.9378	27.6803	0.7425	26.9572	9.74
CI-CP	28.270	29.006	0.736	28.654	47.83

Como se pudo apreciar en la **Tabla 14**, las biomásas presentaron mayor cantidad de materia volátil a diferencia de los aglutinantes empelados, siendo de mayor valor la biomasa de *Hordeum vulgare*.

Luego, se realizó el análisis de porcentaje de cenizas utilizando la ecuación 6 mediante el método ASTM D5142-2015 detallado en la Tabla 15.

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{(\text{Peso crisol} + \text{muestra a } 900^\circ\text{C}) - (\text{Peso crisol})}{(\text{Peso crisol} + \text{muestra}) - \text{peso crisol}} * 100 \quad (6)$$

Tabla 15. Ceniza inicial de biomásas y aglutinantes

Código	Peso de crisol (g)	Peso de crisol + Muestra (g)	Peso de muestra (g)	Peso de crisol + Muestra a 900°C x 2h	Ceniza (%)
CI-AR	28.2922	28.6746	0.3820	28.3079	4.11
CI-CE	24.2242	24.7395	0.5153	24.2789	10.61
CI-HA	24.8268	25.3673	0.5405	24.8498	4.25
CI-AY	26.9378	37.6803	0.7425	26.9381	0.04
CI-CP	24.204	36.667	0.464	24.668	3.70

Conforme se apreció en la **Tabla 15**, los valores superaron el parámetro establecido por la norma DIN 5173, el cual indica un rango menor a 1.5% a excepción del aglutinante de almidón de *Manihot esculenta*.

De igual manera, se realizó el análisis de carbono fijo utilizando la ecuación 7 a través del método ASTM D3172-2015 detallado en la Tabla 16.

$$\% \text{ Carbono fijo} = 100 - (\% \text{ ceniza} + \% \text{ MV}) \quad (7)$$

Tabla 16. Carbono fijo inicial de biomásas y aglutinantes

Código	Ceniza (%)	Materia volátil (%)	Carbono fijo (%)
CI-AR	4.11	83.61	12.28
CI-CE	10.61	89.38	0.01
CI-HA	4.25	76.55	19.2
CI-AY	0.04	9.74	90.22
CI-CP	3.70	47.83	48.47

Como se mostró en la **Tabla 16**, el aglutinante de almidón de *Manihot esculenta* presentó mayor cantidad de carbono fijo de 90.22%, siendo beneficioso para el poder calorífico.

Finalmente, se realizó el análisis de poder calorífico mediante el método ASTM D5865-2015 reemplazando los datos obtenidos anteriormente en la ecuación 8, los cuales están detallados en la Tabla 17.

$$\text{Poder Calorífico} = (82 \times \% CF) + (120 \times \% MV) \text{ Kcal/Kg} \quad (8)$$

Tabla 17. Poder calorífico inicial de biomásas y aglutinantes

Código	Factores ASTM	Materia volátil (%)	Carbono fijo (%)	Poder calorífico (kcal/kg)
CI-AR	82 %CF – 120 %MV	83.61	12.28	11,040.16
CI-CE	82 %CF – 120 %MV	89.38	0.01	10,726.54
CI-HA	82 %CF – 120 %MV	76.55	19.2	10,760.40
CI-AY	82 %CF – 120 %MV	9.74	90.22	8,566.64
CI-CP	82 %CF – 120 %MV	47.83	48.47	9,790.94

Conforme se apreció en la **Tabla 17**, la biomasa *Pisum sativum* presentó mayor poder calorífico de 11,040.16 kcal/kg, influyendo en el incremento de energía para el intercambio de calor hacia otro cuerpo.

4.3. Mezcla de biomásas con dosis de aglutinantes

Tabla 18. Mezcla de biomasa con dosis de aglutinantes respectivamente

Biomásas	Proporción de biomasa (g)	Proporción de aglutinante (g)		Volumen de H ₂ O (ml)	Tiempo de homogenización (min)
		<i>Manihot esculenta</i>	<i>Carya illinoensis</i>		
<i>Hordeum vulgare</i>	500	350	-	150	20
<i>Pisum sativum</i>	500	-	350	150	20
<i>Vicia faba</i>	500	350	-	150	20
	500	-	350	150	20

Como se mostró en la **Tabla 18**, las cantidades que fueron utilizadas de biomasa con sus respectivos aglutinantes se estableció luego de diversos ensayos de peletización.

Tabla 19. Parámetros físico - químico de la mezcla

Código	Temperatura (°C)	Potencial de hidrógeno (1-14)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Potencial redox (mV)
HA + AY	20.00	8.00	3650	130
AR + AY	20.00	7.68	2750	112
CE + AY	20.00	7.98	2200	118

Como se observó en la **Tabla 19**, los parámetros físico-químicos medidos al extracto de la mezcla del pellet de almidón de *Manihot esculenta* fueron la temperatura, el potencial de hidrógeno, la conductividad eléctrica y el potencial redox. Presentaron valores similares incrementando en la mezcla de HA + AY.

Dónde:

HA + AY: Biomasa de *Vicia faba* + *Manihot esculenta*

AR + AY: Biomasa de *Pisum sativum* + *Manihot esculenta*

CE + AY: Biomasa de *Hordeum vulgare* + *Manihot esculenta*

Tabla 20. Parámetros físico - químico de la mezcla

Código	Temperatura (°C)	Potencial de hidrógeno (1-14)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Potencial redox (mV)
HA + CPE	20.8	5.92	1613	25
AR + CPE	20.8	6.93	1578	55
CE + CPE	20.8	7.21	1235	102

Según la **Tabla 20**, los parámetros físico-químicos medidos al extracto de la mezcla del pellet con aglutinante de endocarpio pétreo de *Carya illinoensis* fueron la temperatura, el potencial de hidrógeno, la conductividad eléctrica y el potencial redox. Resaltando el valor elevado de potencial redox de la CE + CPE.

Dónde:

HA + CPE: Biomasa de *Vicia faba* + *Carya illinoensis*

AR + CPE: Biomasa de *Pisum sativum* + *Carya illinoensis*

CE + CPE: Biomasa de *Hordeum vulgare* + *Carya illinoensis*

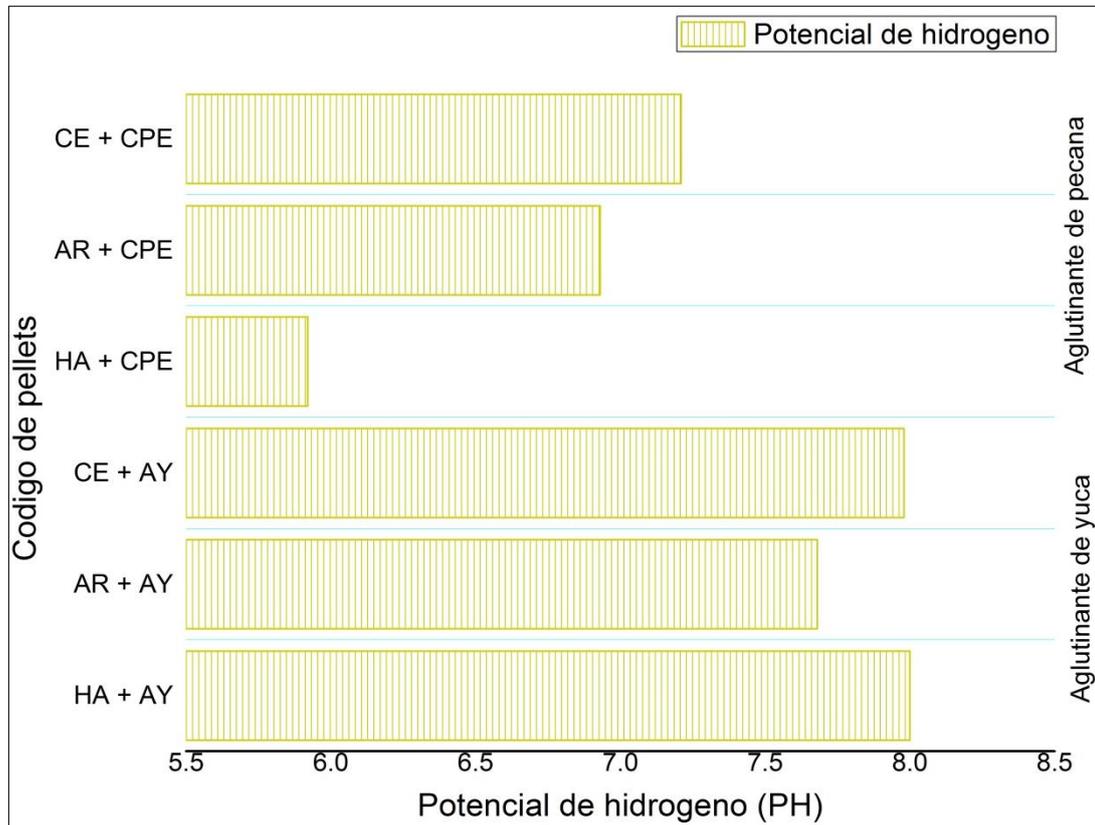


Figura 33. pH obtenido de los 6 tipos de pellets

Según la **Figura 33**, el pellet a base de CE + CPE presentó una mejor característica referente al pH, pues dio un valor de pH 7.21 en un rango neutro, favoreciendo en la disminución del humo desprendido al momento de la combustión.

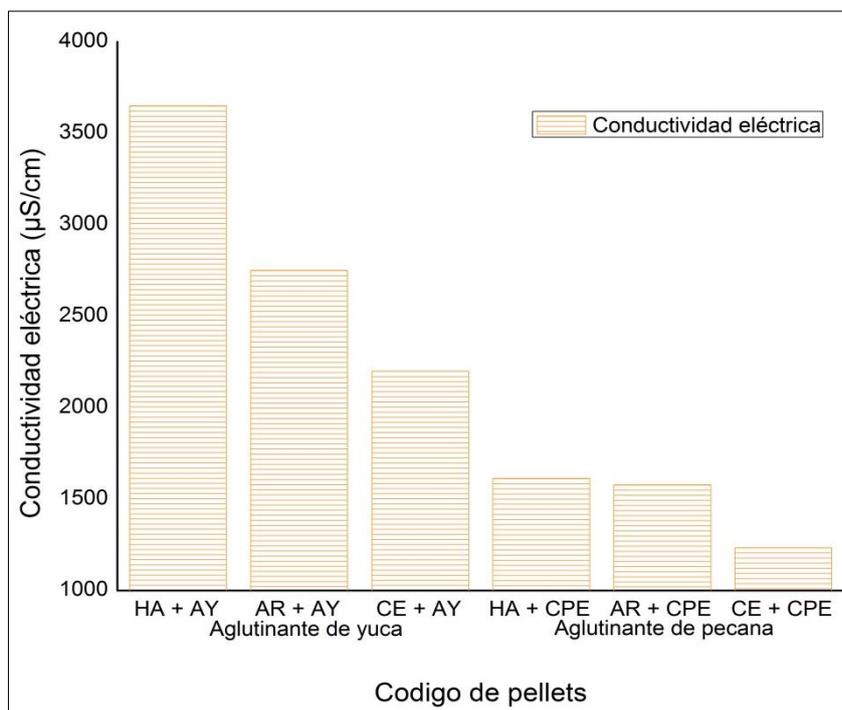


Figura 34. Conductividad eléctrica de los 6 tipos de pellets

Según la **Figura 34**, el pellet a base de CE + CPE presentó una adecuada conductividad eléctrica, pues dio un valor de 1235 µS/cm en contenidos de sales.

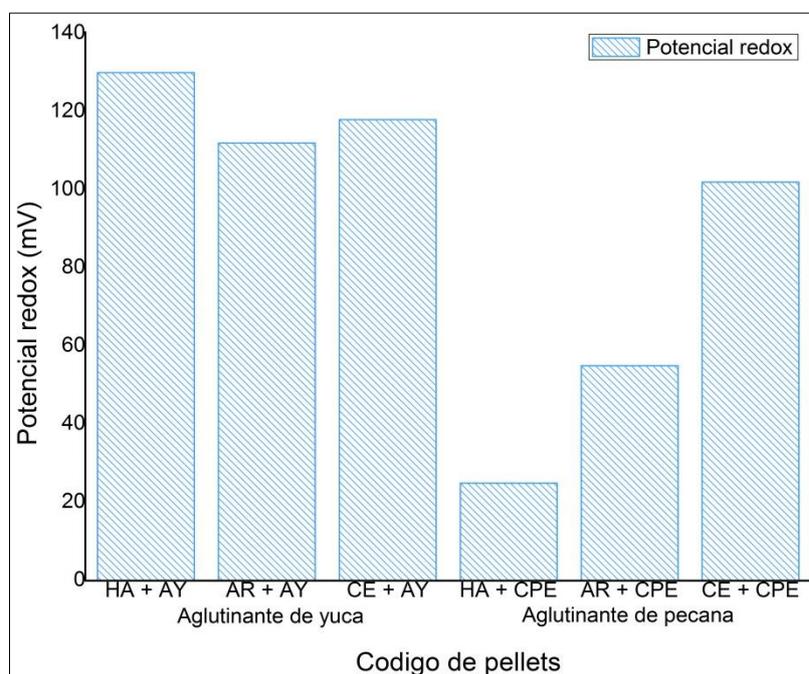


Figura 35. Potencial redox obtenido de los 6 tipos de pellets

Según la **Figura 35**, el potencial redox óptimo fue CE + CPE 102mV, es decir alteró en menor cantidad el estado de oxidación de los electrones presentes.

Tabla 21. Humedad de las mezclas de biomasa y almidón de *Manihot esculenta* respectivamente

Código	Peso de bandeja (g)	Peso de bandeja + biomasa (g)	Peso de biomasa (g)	Peso de bandeja + biomasa seca a 105°C x 2h (g)	Humedad (%)
HA + AY	463	684	221	531	69.23
AR + AY	459	625	166	504	72.89
CE + AY	438	589	151	481	71.52

Como se apreció en la **Tabla 21**, los valores para humedad fueron mayores siendo la mezcla de biomasa de *Pisum sativum* con almidón de *Manihot esculenta* el que presentó 72.89% mayor humedad, debido a que el incremento de este parámetro benefició el pelletizado.

Tabla 22. Humedad en las mezclas de biomasa y del endocarpio pétreo de *Carya illinoensis* respectivamente

Código	Peso de bandeja (g)	Peso de bandeja + biomasa (g)	Peso de biomasa (g)	Peso de bandeja + biomasa seca a 105°C x 2h (g)	Humedad (%)
HA + CPE	271	400	129	327	56.59
AR + CPE	456	600	144	514	59.73
CE + CPE	463	600	137	510	65.69

Como se mostró en **Tabla 22**, los valores de humedad fueron menores sin embargo la mezcla de biomasa de *Hordeum vulgare* con endocarpio pétreo *Carya illinoensis* presentó mayor valor de 65.69%, el cual indicó que su contenido de humedad favoreció en la etapa del pelletizado para mejorar la cohesión del material.

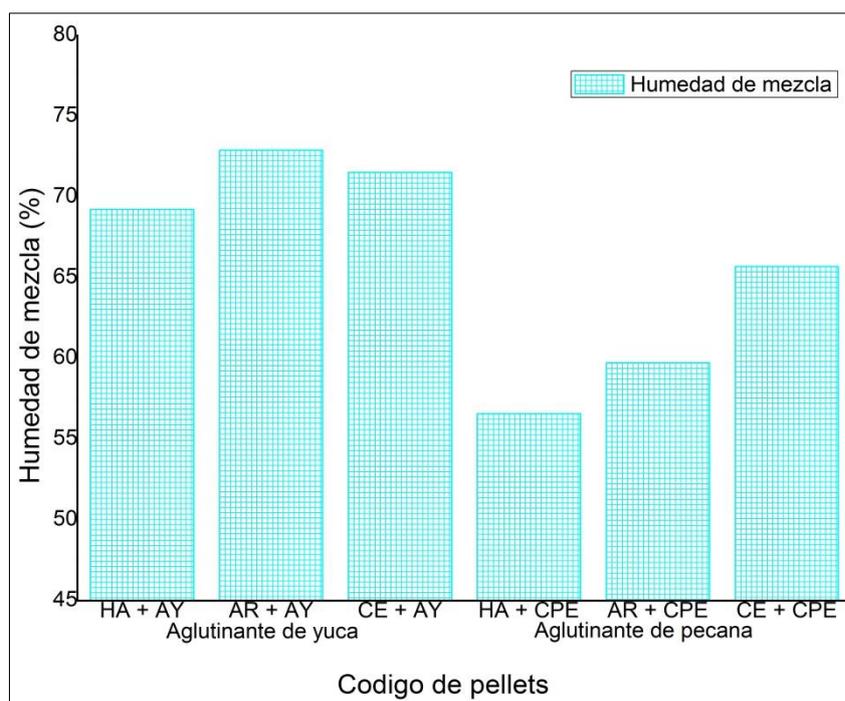


Figura 36. Humedad obtenida de los 6 tipos de pellets

Según la **Figura 36**, el pellet con un adecuado porcentaje de humedad fue el de HA + CPE, pues presentó 56.59 % de humedad favoreciendo el proceso de secado y en el poder calorífico del pellet.

Tabla 23. Humedad después de 15 días de secado de la mezcla con *Manihot esculenta*

Código	Peso de bandeja (g)	Peso de bandeja + biomasa (g)	Peso de biomasa (g)	Peso de bandeja + biomasa seca a 105°C x 2h (g)	Humedad (%)
HA + AY	0.399	10.666	10.267	9.235	9.4
AR + AY	0.384	12.623	12.239	11.631	11.3
CE + AY	0.322	16.674	16.352	15.164	15.4

En la **Tabla 23**, la mezcla de *Hordeum vulgare* con almidón de *Manihot esculenta* no cumplió con las características de humedad establecidas en la norma DIN 51731 donde indican valores menores al 12%, siendo los factores el tiempo y el tipo de secado a temperatura ambiente que posiblemente influenciaron en el valor, como también a las variaciones en las condiciones climáticas de las estaciones del año.

Tabla 24. Humedad después de 15 días de secado de la mezcla con endocarpio pétreo de *Carya illinoensis* respectivamente

Código	Peso de bandeja (g)	Peso de bandeja + biomasa (g)	Peso de biomasa (g)	Peso de bandeja + biomasa seca a 105°C x 2h (g)	Humedad (%)
HA + CPE	0.326	13.110	12.784	12.119	11.8
AR + CPE	0.378	13.841	13.463	12.863	12.5
CE + CPE	0.332	12.959	12.627	11.068	15.4

Conforme se apreció en la **Tabla 24**, la mezcla de *Hordeum vulgare* con endocarpio pétreo *Carya illinoensis* demostraron valores mayores a 12%, rango máximo permitido por la norma DIN 51731, así mismo la mezcla de *Pisum sativum* con endocarpio pétreo *Carya illinoensis* mostró un ligero incremento con respecto al rango permitido, generalmente al incrementar este valor influye de manera negativa en los valores del poder calorífico.

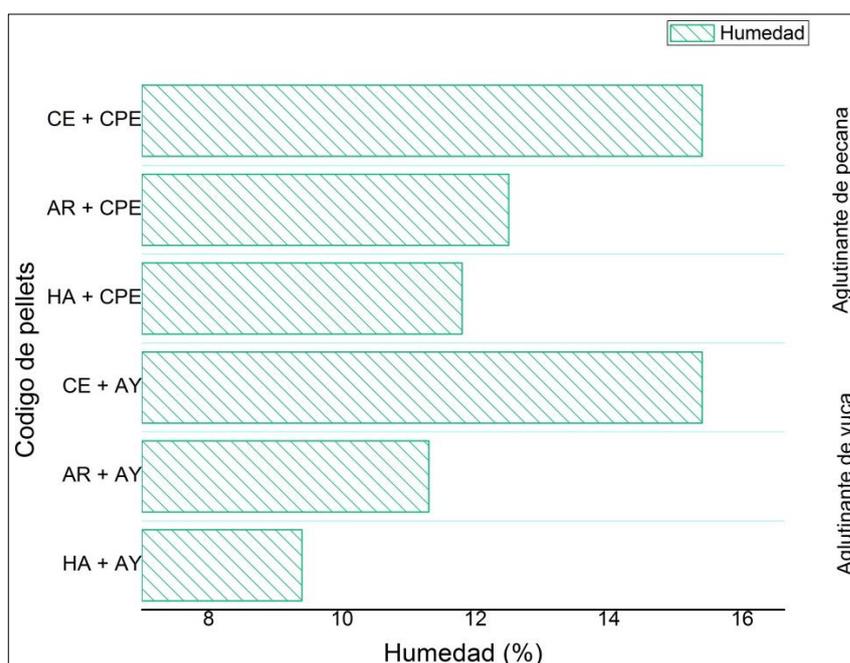


Figura 37. Humedad de los 6 tipos de pellets después de 15 días

Según la **Figura 37**, después de los 15 días de secado de los pellets, el menor porcentaje de humedad y permitido dentro de los rangos de la norma europea DIN fue el pellet de HA + AY con 9.4%, siendo la humedad inversamente proporcional con respecto al poder calorífico.

Tabla 25. Materia volátil en la mezcla de biomasa y almidón de *Manihot esculenta* respectivamente

Código	Peso de crisol (g)	Peso de crisol + biomasa (g)	Peso de biomasa (g)	Peso de crisol + biomasa a 900°C x 7' (g)	Materia volátil (%)
HA + AY	24.8403	25.3259	0.8056	24.8860	90.589
AR + AY	26.9368	27.2205	0.8327	26.9689	88.685
CE + AY	27.0130	27.5490	0.9360	27.0926	85.086

De acuerdo con la **Tabla 25**, los resultados con respecto a la materia volátil indicaron un valor parecido a los pellets de madera, el incremento de este parámetro significó mayor emisión de gases que se desprenden del material, como también el uso de mayor energía antes de liberar su energía en forma de calor. En tal sentido, Nasrin et al. (2017) obtuvo 67.78% de materia volátil en el pellet de racimo vacío de frutas similar al de los pellets de madera que demuestran un valor de 72% - 85%.

Tabla 26. Materia volátil en la mezcla de biomasa y del endocarpio pétreo de *Carya illinoensis* respectivamente

Código	Peso de crisol (g)	Peso de crisol + biomasa (g)	Peso de biomasa (g)	Peso de crisol + biomasa a 900°C x 7' (g)	Materia volátil (%)
HA + CPE	27.5552	27.9022	0.8776	27.5795	92.997
AR + CPE	22.9021	23.1275	0.8654	22.9245	90.062
CE + CPE	24.1629	24.4980	0.8451	24.2059	87.168

Los valores de la **Tabla 26**, fueron datos experimentales de materia volátil, los cuales demostraron un ligero incremento con respecto a la materia volátil de pellets de madera, al ser mayor este valor el pellet presenta un encendido rápido para dar pase a la liberación de la energía térmica.

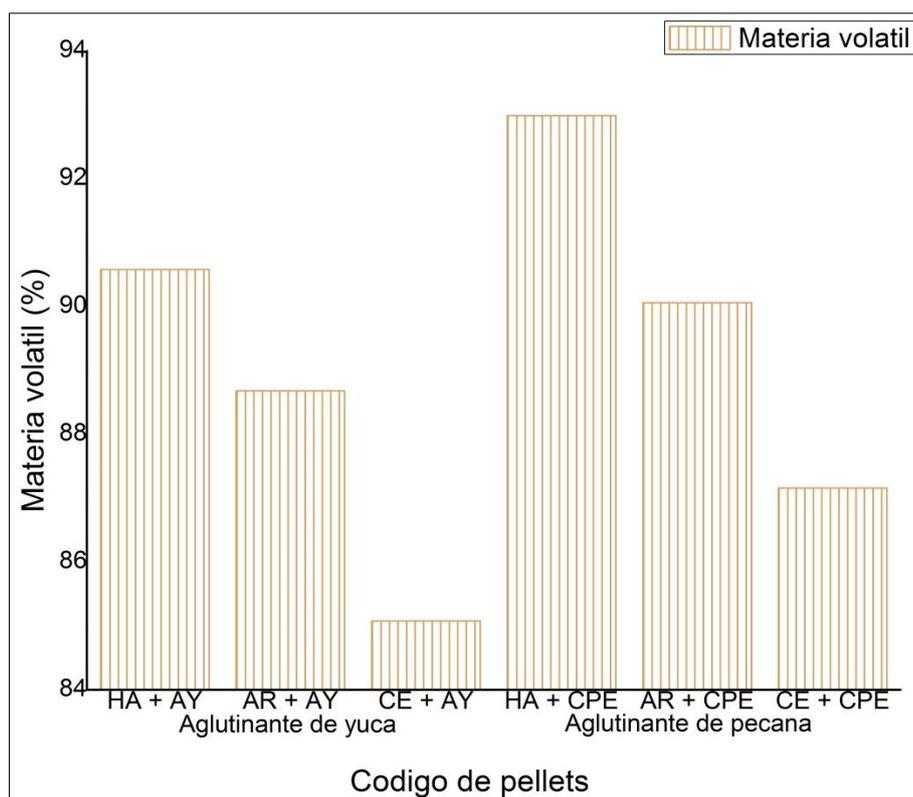


Figura 38. Materia volátil obtenida de los 6 tipos de pellets

Según la **Figura 38**, el porcentaje de materia volátil más adecuado fue el de CE + AY, pues obtuvo un valor de 85.086% el cual redujo la presencia de humo al quemar el pellet.

Tabla 27. Cenizas en la mezcla de biomasa y almidón de *Manihot esculenta* respectivamente

Código	Peso de crisol + biomasa x7'a 900°C (g)	Peso de biomasa seca (g)	Peso de crisol + biomasa 900°C x 1h (g)	Ceniza (%)
HA + AY	24.8860	0.1715	24.8854	1.313
AR + AY	26.9689	0.1486	26.9679	3.115
CE + AY	27.0926	0.1752	27.0000	1.163

Los resultados de la **Tabla 27**, presentaron valores menores a 1,5% de ceniza permitido en la norma para pellets DIN 51731 a excepción del pellet de *Pisum sativum* con almidón de *Manihot esculenta* que mostró un incremento con valor de 3.115% de ceniza, convirtiéndose en un residuo después de la

combustión que usualmente es empleado como nutriente y abono en las plantas, contribuyendo de esta manera al cuidado de los ecosistemas.

Tabla 28. Ceniza en la mezcla de biomasa y del endocarpio pétreo de *Carya illinoensis* respectivamente

Código	Peso de crisol + biomasa x7'a 900°C (g)	Peso de biomasa seca (g)	Peso de crisol + biomasa 900°C x 1h (g)	Ceniza (%)
HA + CPE	27.5795	0.2093	27.5781	5.761
AR + CPE	22.9245	0.2023	22.9234	4.912
CE + CPE	24.2059	0.1907	24.2029	6.977

La **Tabla 28**, demostró valores que se encuentran fuera del rango de 1,5% de ceniza permitido en la norma para pellets DIN 51731 siendo de mayor valor el pellet de biomasa de *Hordeum vulgare* con endocarpio pétreo de *Carya illinoensis* con 6.977% de ceniza, este valor probablemente se incrementó por factores de homogenización en la mezcla, la contaminación del compuesto en almacenamiento y manipulación.

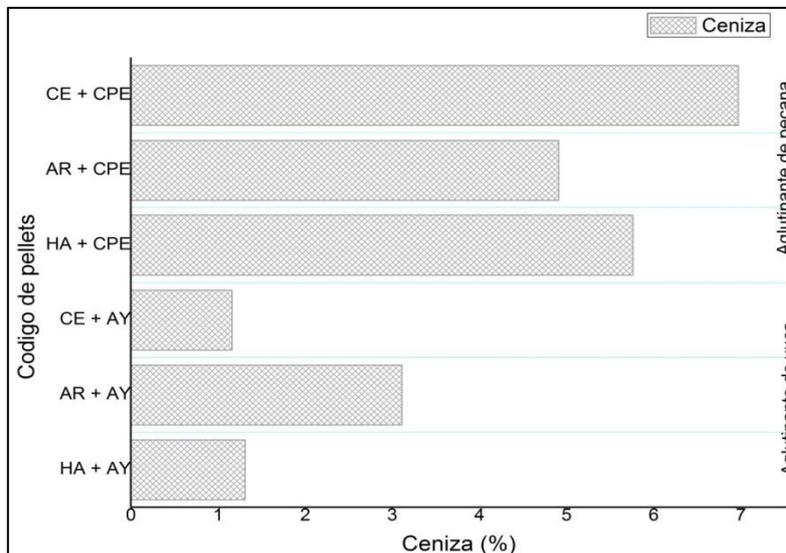


Figura 39. Cenizas obtenidas de los 6 tipos de pellets

Según la **Figura 39**, el porcentaje de ceniza que se obtuvo y se encuentra dentro de la norma internacional DIN fue el de CE + AY, ya que contó con un valor mínimo de 1.163% de material incombustible dentro del pellet.

Tabla 29. Carbono fijo en la mezcla de biomasa y almidón de *Manihot esculenta* respectivamente

Código	Ceniza (%)	Materia volátil (%)	Carbono fijo (%)
HA + AY	1.3129	90.5889	8.098
AR + AY	3.1152	88.6852	8.120
CE + AY	1.1633	85.0857	13.751

La **Tabla 29**, presentó porcentajes de carbono fijo (CF) en cada mezcla de las biomásas con el aglutinante de almidón de *Manihot esculenta*. Mostrando un mayor valor el pellet de biomasa de *Hordeum vulgare* y almidón de *Manihot esculenta* con 13.751 % CF, lo cual implica un incremento del valor calorífico por el CF presente en las biomásas y el aglutinante.

Tabla 30. Carbono fijo en la mezcla de biomasa y del endocarpio pétreo de *Carya illinoensis* respectivamente

Código	Ceniza (%)	Materia volátil (%)	Carbono fijo (%)
HA + CPE	5.7613	92.9971	1.242
AR + CPE	4.9107	90.0621	5.027
CE + CPE	6.9767	87.1680	5.855

La **Tabla 30**, dio resultados de porcentajes de carbono fijo en cada mezcla de las biomásas con el aglutinante de endocarpio pétreo de *Carya illinoensis*, se observó mayor valor de CF en el pellet de biomasa de *Hordeum vulgare* y endocarpio pétreo de *Carya illinoensis* con 5.85 % CF, haciendo referencia que al combustionar los pellets el contenido de cenizas esté presente en cantidades elevadas.

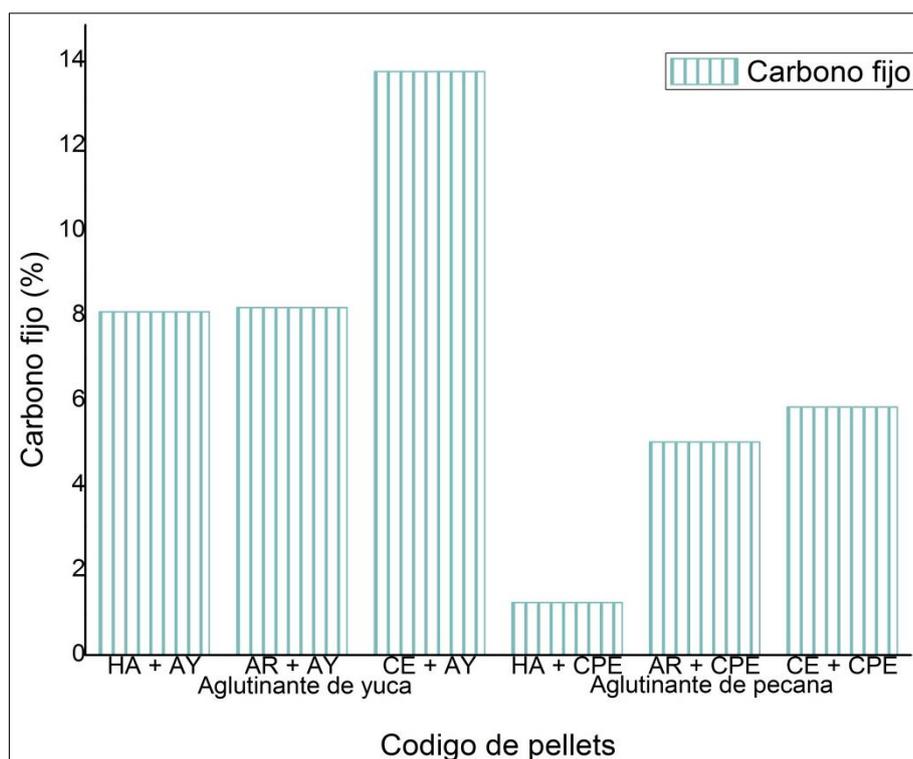


Figura 40. Carbono fijo obtenido de los 6 tipos de pellets

Según la **Figura 40**, el mayor porcentaje de carbono fijo (CF) se encontró en el pellet de CE + AY, ya que presentó un porcentaje intermedio de CF con un valor de 13.751%, el cual no afectó en la consistencia del pellet y benefició el PC.

Tabla 31. Poder calorífico en la mezcla de biomasa y almidón de *Manihot esculenta* respectivamente

Código	Factores ASTM	Materia volátil (%)	Carbono fijo (%)	Poder calorífico (kcal/kg)
HA + AY	82 %CF – 120 %MV	90.5889	8.0982	11534.7204
AR + AY	82 %CF – 120 %MV	88.6852	8.1996	11314.5912
CE + AY	82 %CF – 120 %MV	85.0857	13.7510	11337.866

La **Tabla 31**, presentó datos del poder calorífico (PC) a base del almidón de *Manihot esculenta*, los valores obtenidos se encuentran dentro de la Norma Alemana DIN Plus, la cual señala que el PC no debe de ser menor a 18 MJ/kg (4302.1 kcal/kg). El pellet de AR + AY mostró un bajo PC debido a que obtuvo 11.3 % de humedad afectando de manera negativa al poder calorífico.

Tabla 32. Poder calorífico en la mezcla de biomasa y del endocarpio pétreo de *Carya illinoensis* respectivamente

Código	Factores ASTM	Materia volátil (%)	Carbono fijo (%)	Poder calorífico (kcal/kg)
HA + CPE	82 %CF – 120 %MV	92.9971	1.2416	11261.4632
AR + CPE	82 %CF – 120 %MV	90.0621	5.0272	11219.6824
CE + CPE	82 %CF – 120 %MV	87.1680	5.8553	10940.2946

La **Tabla 32**, nos muestra resultados del poder calorífico (PC) a base del aglutinante de endocarpio pétreo de *Carya illinoensis*. El pellet de CE + CPE obtuvo un bajo PC debido a que su contenido de humedad fue 15.4% ello se debe a la porosidad de la biomasa, la cual afectó negativamente al poder calorífico en la ignición. Los valores obtenidos de cada pellet se encuentran dentro de la Norma Alemana DIN Plus donde señala que el poder calorífico no debe de ser menor a 18 MJ/kg (4302.1 kcal/kg).

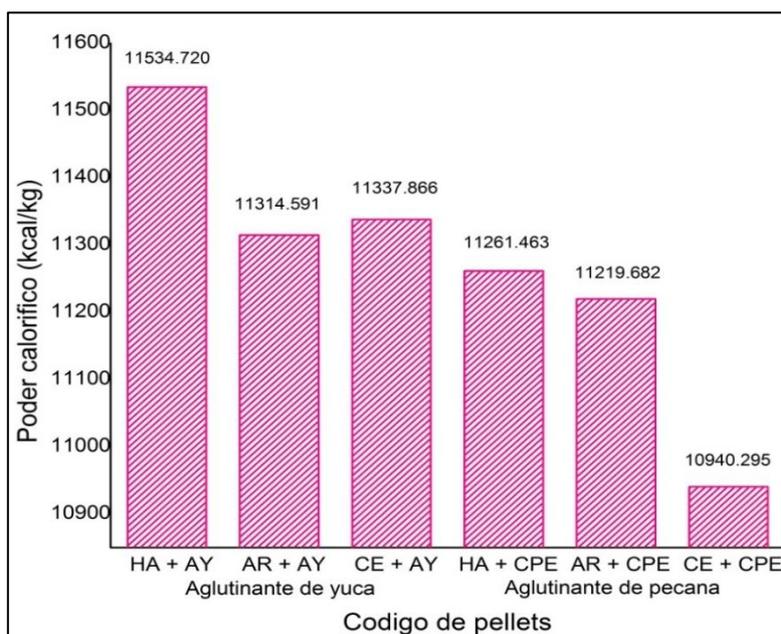


Figura 41. Poder calorífico obtenido de los 6 tipos de pellets

Según la **Figura 41**, el PC más alto fue el del pellet de HA + AY siendo 11534.7204 kcal/kg debido a la baja presencia de humedad (9.4%).

Tabla 33. Temperatura de secado de pellets

DÍAS DE SECADO	T °C	PROMEDIO SEMANAL	PROMEDIO TOTAL
Semana 1			
15 oct 2020	15		
16 oct 2020	14.7		
17 oct 2020	14.8		
18 oct 2020	14.4	14.7 °C	
19 oct 2020	14.7		
20 oct 2020	14.5		
21 oct 2020	14.7		
Semana 2			14.55°C
22 oct 2020	14.5		
23 oct 2020	14		
24 oct 2020	14.7		
25 oct 2020	14.3	14.4°C	
26 oct 2020	14.7		
27 oct 2020	14.3		
28 oct 2020	14.6		

La **Tabla 33**, presentó los resultados de la temperatura (T°) de secado de los pellets elaborados. Se pudo observar que en la primera semana se obtuvo un promedio semanal de temperatura con un valor de 14.7 °C en la cual, la T min fue de 14.4°C y la T máxima de 15°C; en la segunda semana el promedio semanal fue de 14.4°C, la temperatura de secado min fue de 14°C y la T máxima de 14.7°C. Por lo tanto, el promedio total de las dos semanas fue de 14.55°C.

Tabla 34. Densidad de pellets de biomazas y almidón de *Manihot esculenta*

Código	Peso seco (18°C a 21°C) (g)	Alto del cilindro de pellets (cm)	Volumen del cilindro de biomasa (cm ³)	Densidad de pellets (g/cm ³)
HA+AY	3.31	4.8	4.076	0.812
HA+AY	3.00	4.7	3.991	0.751
HA+AY	3.20	4.5	3.822	0.837
HA+AY	3.14	4.4	3.737	0.840
PROMEDIO	3.163	4.6	3.907	0.810
AR+AY	4.12	4.3	3.652	1.128
AR+AY	3.55	4.6	3.907	0.908
AR+AY	3.98	4.5	3.823	1.041
AR+AY	3.84	4.7	3.992	0.962
PROMEDIO	3.873	4.5	3.844	1.009
CE+AY	5.07	4.4	3.734	1.357
CE+AY	4.59	4.5	3.823	1.200
CE+AY	4.76	4.5	3.823	1.245
CE+AY	5.09	4.4	3.737	1.362
PROMEDIO	4.878	4.45	3.779	1.299

La **Tabla 34**, mostró datos de la densidad de los pellets a base del aglutinante - almidón de *Manihot esculenta*, los pellets elaborados se encuentran dentro del rango dado por la norma DIN 51731, a excepción de los pellets HA+AY presentando un valor de 0.810 g/cm³ siendo inferior a 1 kg/m³.

Tabla 35. Densidad de pellets de biomاسas y endocarpio pétreo de *Carya illinoensis* respectivamente

Código	Peso seco (18°C a 21°C) (g)	Alto del cilindro de pellets (cm)	Volumen del cilindro de biomasa (cm ³)	Densidad de pellets (g/cm ³)
HA+ CPE	4.04	4.3	3.652	1.1062
HA+ CPE	4.24	4.4	3.737	1.1345
HA+ CPE	4.27	4.4	3.737	1.1426
HA+CPE	4.18	4.7	3.992	1.0470
PROMEDIO	4.1825	4.450	3.779	1.108
AR+CPE	4.05	4.1	3.483	1.1627
AR+CPE	4.35	4.3	3.653	1.1908
AR+CPE	4.52	4.6	3.907	1.1568
AR+CPE	4.35	4.4	3.738	1.1637
PROMEDIO	4.3175	4.35	3.695	1.168
CE+CPE	3.97	4.4	3.738	1.0620
CE+CPE	4.28	4.2	3.568	1.1995
CE+CPE	4.29	4.3	3.652	1.1746
CE+CPE	3.64	4.0	3.398	1.0712
PROMEDIO	4.045	4.23	3.589	1.127

La **Tabla 35**, demostró datos de la densidad de los pellets con el aglutinante de endocarpio pétreo de *Carya illinoensis*, los pellets elaborados se encuentran dentro del rango dado por la norma DIN 51731 (1 kg/m³ – 1,4 kg/m³).

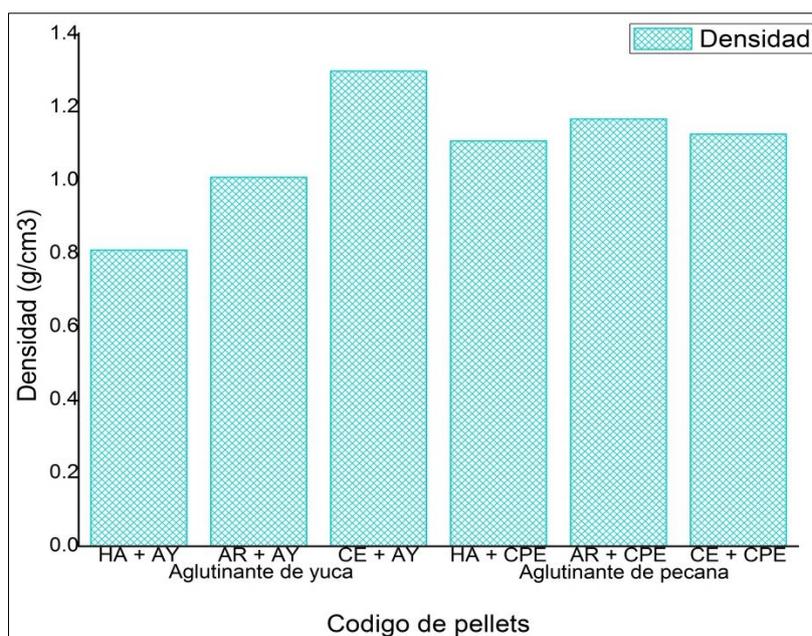


Figura 42. Densidad de los 6 tipos de pellets

Según la **Figura 42**, el pellet que presentó una densidad adecuada fue el de CE + AY con 1.299 g/cm^3 , siendo favorable en el almacenamiento y transporte.

Tabla 36. Resistencia de pellets de biomásas y almidón de *Manihot esculenta*

Código	Fuerza (kg)	Área del cilindro (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
HA+ AY	0	0	0
HA+ AY	0.456	16.73	0.0273
HA+ AY	0.489	16.73	0.0292
HA+AY	0.504	16.73	0.0301
PROMEDIO	0.483	16.73	0.028
AR+AY	0	0	0
AR+AY	0.582	16.40	0.0355
AR+AY	1.015	16.40	0.0619
AR+AY	1.427	16.40	0.087
PROMEDIO	1.008	16.40	0.062
CE+AY	0	0	0
CE+AY	0.527	16.40	0.0321
CE+AY	1.237	16.40	0.0754
CE+AY	2.709	16.40	0.0165
PROMEDIO	1.481	16.40	0.091

La **Tabla 36**, presentó los datos de la resistencia a la compresión de pellets elaborados a base del aglutinante de almidón de *Manihot esculenta*, el pellet con mayor fuerza de compresión fue el de CE+AY, el cual tuvo un promedio de 0.091 kg/cm², valor más alto con el aglutinante ya antes mencionado, pero siguió siendo bajo a diferencia de los demás pellets, esto debido a la porosidad de la biomasa y al porcentaje de humedad presente en el pellet.

Tabla 37. Resistencia de pellets de biomazas y endocarpio pétreo de *Carya illinoensis* respectivamente

Código	Fuerza (kg)	Área del cilindro (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
HA+ CPE	0	0	0
HA+ CPE	1.723	15.31	0.11
HA+ CPE	2.100	15.31	0.11
HA+CPE	2.858	15.31	0.14
PROMEDIO	2.227	15.31	0.12
AR+CPE	0	0	0
AR+CPE	1.818	15.86	0.11
AR+CPE	2.912	15.86	0.18
AR+CPE	3.294	15.86	0.21
PROMEDIO	2.67	15.86	0.17
CE+CPE	0	0	0
CE+CPE	1.604	16.29	0.10
CE+CPE	2.503	16.29	0.15
CE+CPE	2.838	16.29	0.17
PROMEDIO	2.315	16.29	0.14

La **Tabla 37**, presentó los datos de la resistencia a la compresión de pellets elaborados a base del aglutinante de endocarpio pétreo de *Carya illinoensis*. El pellet con mayor fuerza de compresión fue el de AR + CPE, el cual tuvo un promedio de 0.17 kg/cm² siendo el valor más alto de todos los pellets elaborados, puesto a la adecuada humectación presente en el pellet.

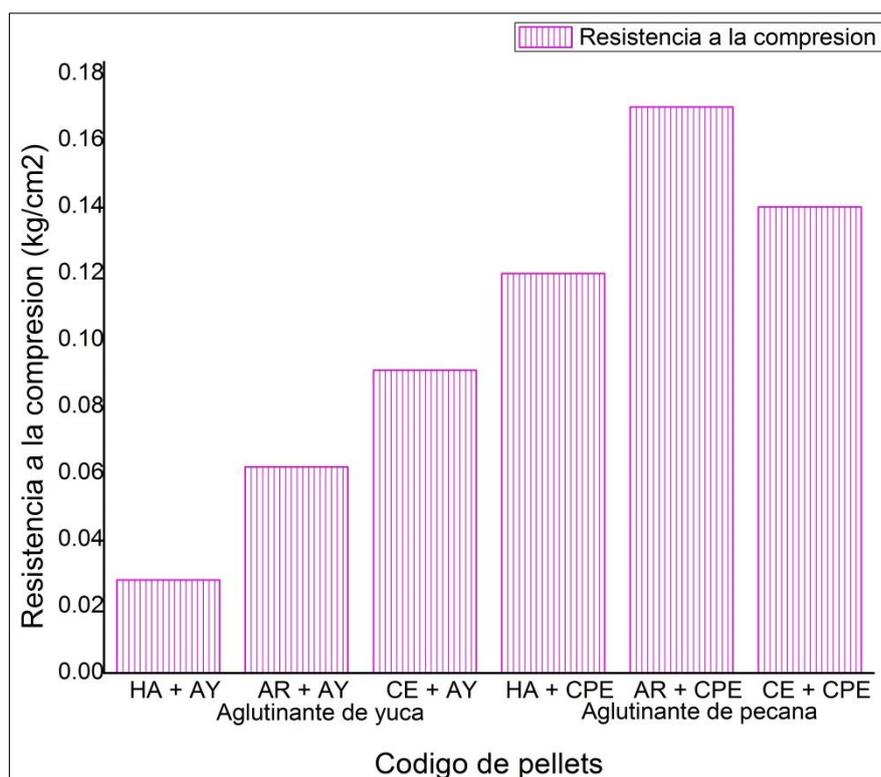


Figura 43. Resistencia a la compresión de los 6 tipos de pellets

Según la **Figura 43**, el pellet que presentó mayor resistencia a la compresión fue el de AR + CPE con un promedio de 0.17 kg/cm² debido al agua presente en la densificación.

Tabla 38. Tiempo de ebullición del agua pellets de biomazas y almidón de *Manihot esculenta* respectivamente

HA + AY			AR + AY			CE + AY		
Tiempo (min)	T° H2O (°C)	T° Biomasa (°C)	Tiempo (min)	T° H2O (°C)	T° Biomasa (°C)	Tiempo (min)	T° H2O (°C)	T° Biomasa (°C)
0	21.2	21.4	0	21.2	21.4	0	21.2	21.4
5	86.7	337	5	74	244	5	79	106
6	100	402.5	8	100	308	10	100	274
10	55	405.5	10	27.4	395	15	72.5	304
14	100	381	15	84	372	20	100	417
15	21.2	375	20	100	304.6	25	64	258
20	57.7	355	25	92	253	30	74.5	81.5

La **Tabla 38**, presentó los datos del tiempo de ebullición del agua a base del pellet con aglutinante de almidón de *Manihot esculenta*, el pellet de CE + AY fue el que tardó más tiempo en ebullicionar el agua, generalmente es debido a que obtuvo un bajo poder calorífico y un alto porcentaje de humedad.

Tabla 39. Tiempo de ebullición del agua pellets de biomasa y endocarpio pétreo de *Carya illinoensis* respectivamente

HA + CPE			AR + CPE			CE + CPE		
Tiempo (min)	T° H2O (°C)	T° Biomasa (°C)	Tiempo (min)	T° H2O (°C)	T° Biomasa (°C)	Tiempo (min)	T° H2O (°C)	T° Biomasa (°C)
0	21.2	21.4	0	21.2	21.4	0	21.2	21.4
5	75.5	326	5	62	122.5	5	73	162
7	100	434	9	100	285	10	92	275
10	49.3	440	10	24	297	11	100	332
15	100	358	15	78	396	15	58.1	355
20	49.7	337	20	100	285	20	90.7	262
25	40.5	195	25	61	149	25	60.2	123

La **Tabla 39**, presentó los datos del tiempo de ebullición del agua a base del aglutinante de endocarpio pétreo de *Carya illinoensis*, el pellet de CE + CPE fue el que tardó más tiempo en ebullicionar el agua; ya que, presentó un alto porcentaje de humedad y obtuvo un bajo poder calorífico.

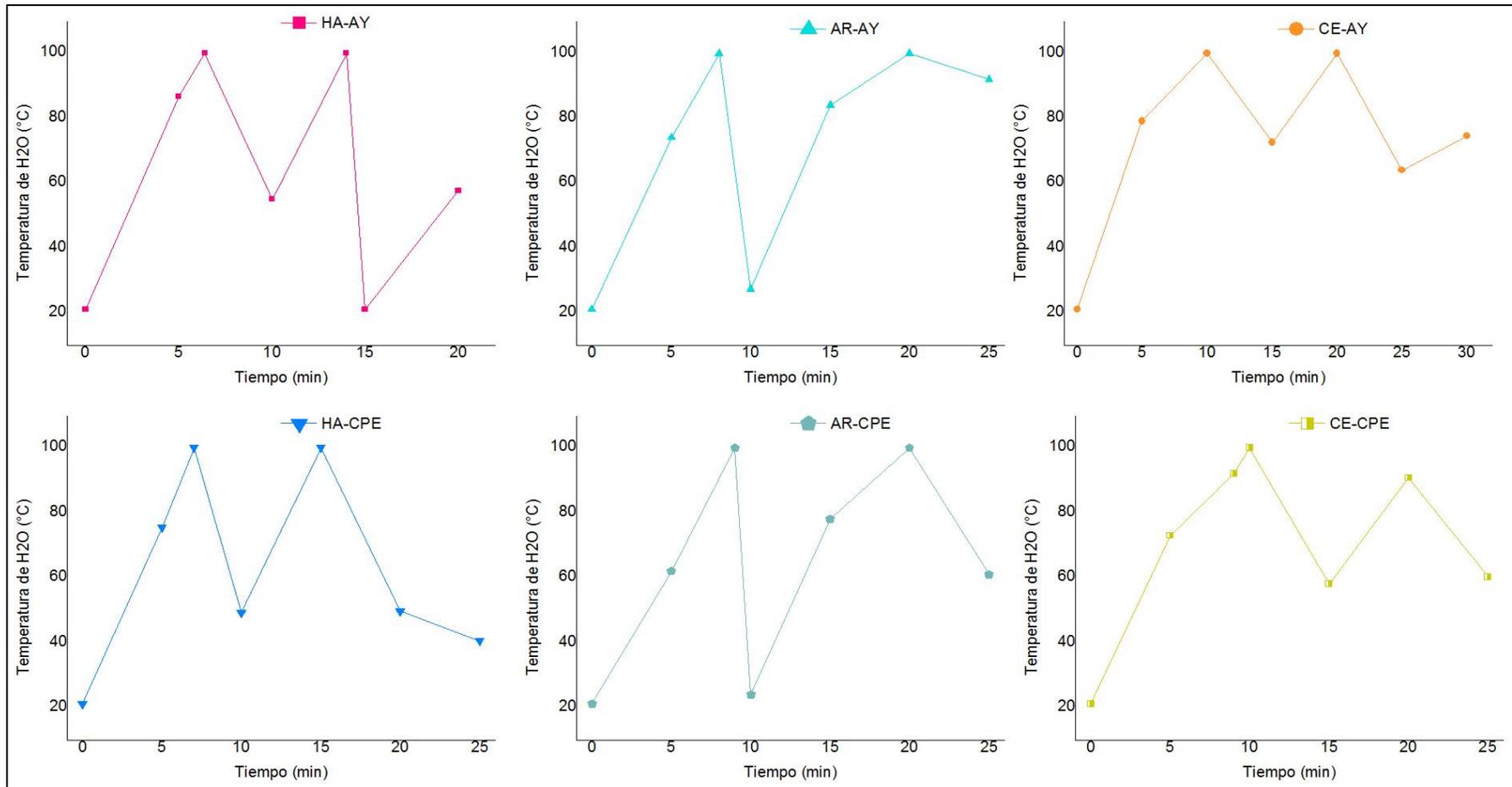


Figura 44. Tiempo de ebullición del agua de los 6 tipos de pellets

En la **Figura 44**, el pellet que ebullicionó en corto tiempo los 500 ml de agua fue el de HA + AY, puesto que el poder calorífico fue el valor más alto y el porcentaje de humedad más bajo, presentando una alta eficacia térmica.

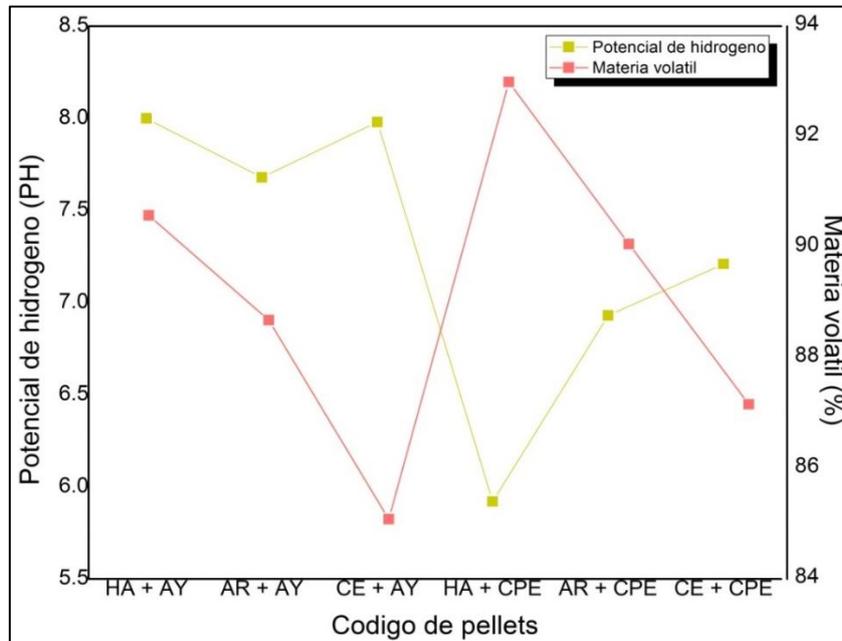


Figura 45. pH y materia volátil de los 6 tipos de pellets

Según la **Figura 45**, se puede determinar que son inversamente proporcional; ya que, mientras el pH aumenta el % MV disminuye y viceversa, a excepción de dos pellets HA + CPE y AR + CPE.

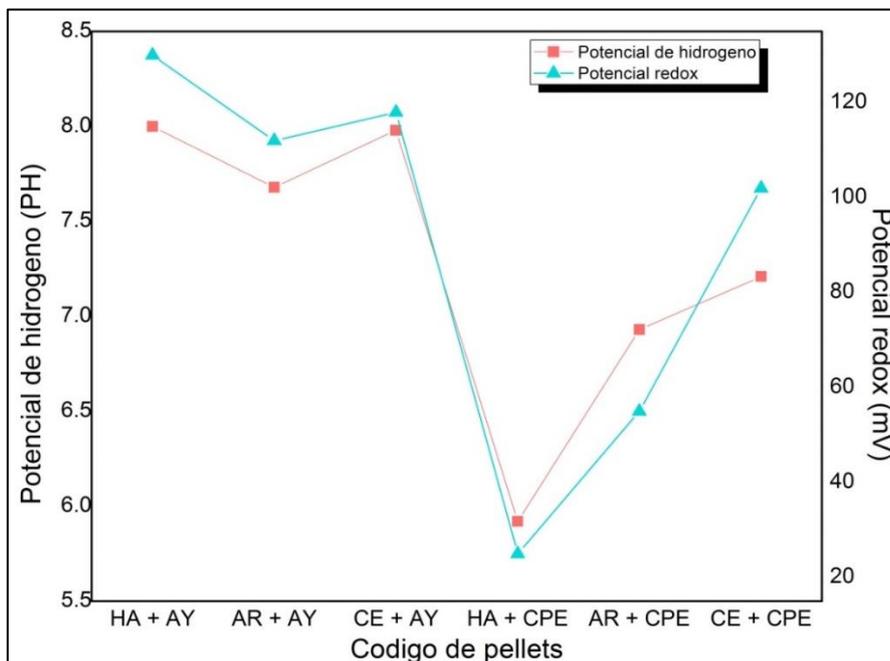


Figura 46. pH y potencial redox de los 6 tipos de pellets

Según la **Figura 46**, el pH se encontró en una relación directamente proporcional con el potencial redox, se apreció que a medida que el pH aumenta o disminuye el potencial redox actúa de igual manera.

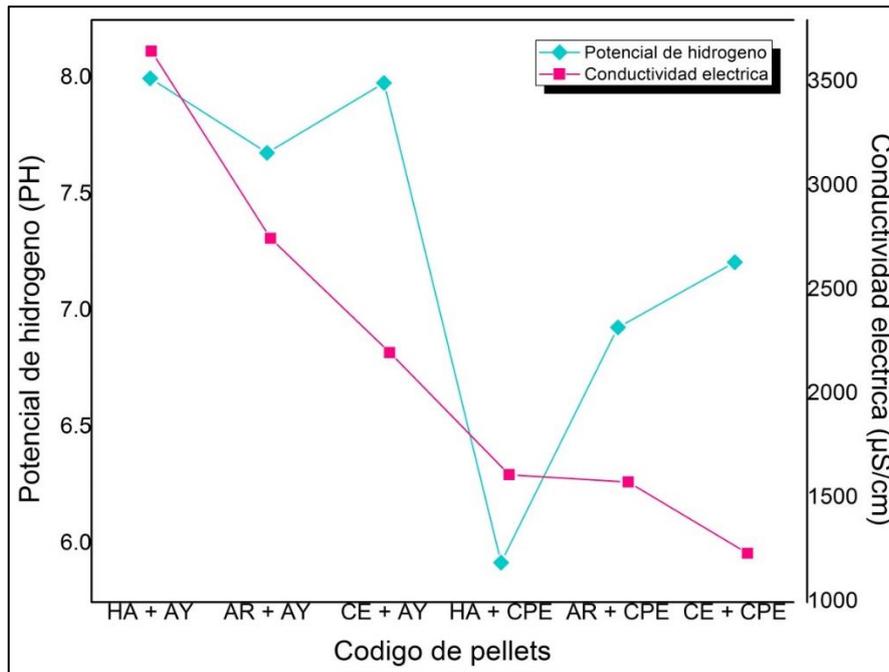


Figura 47. pH y CE de los 6 tipos de pellets

Enunciado en la **Figura 47**, la relación del pH y la conductividad eléctrica (CE); en el caso de cuatro pellets al incrementar el pH la CE disminuyó siendo opuesto a los otros dos pellets de (HAY+AY y HA+CPE).

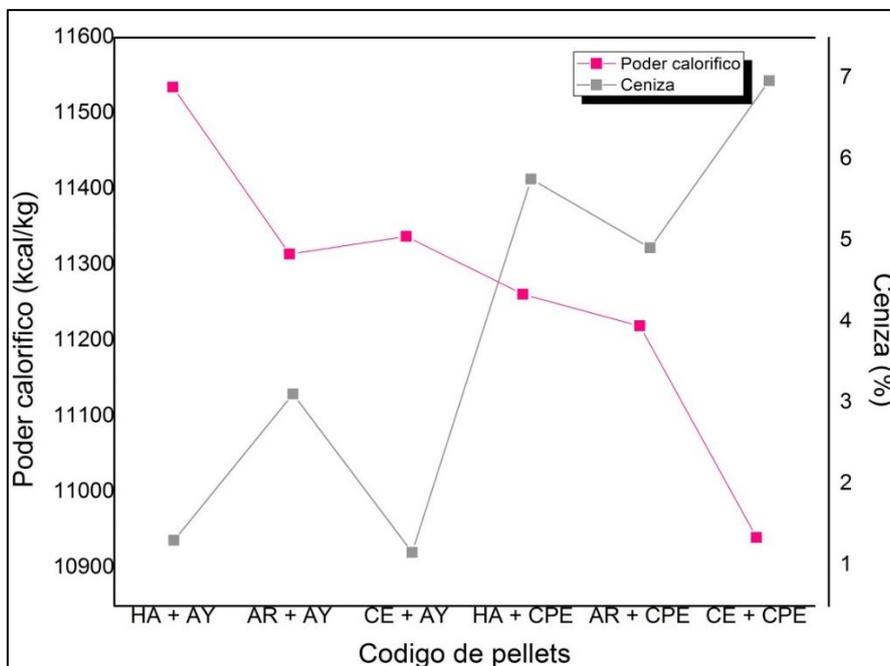


Figura 48. Poder calorífico y ceniza de los 6 tipos de pellets

Según la **Figura 48**, se determinó que el PC es inversamente proporcional al % de cenizas; ya que, mientras un valor aumenta el otro disminuye.

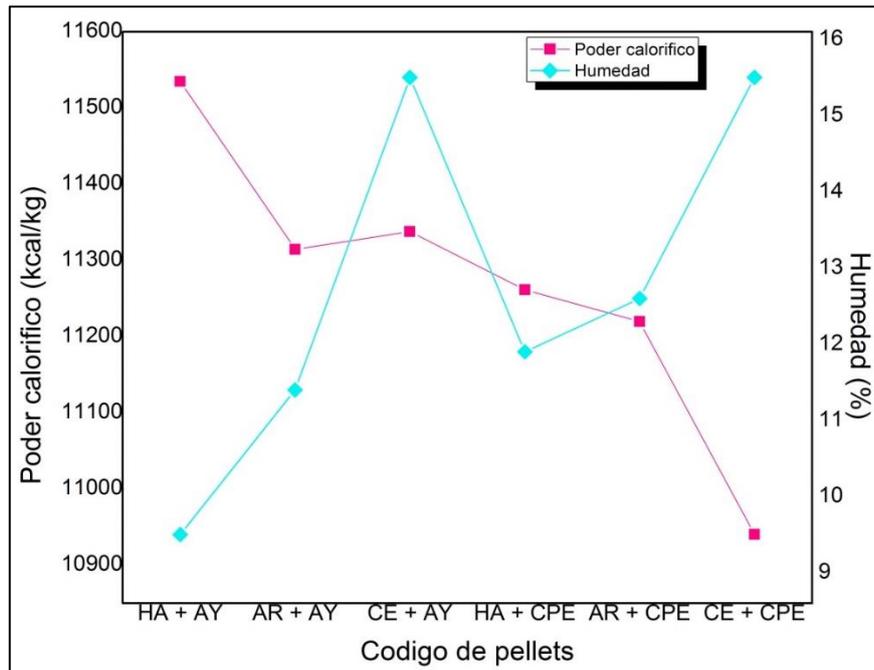


Figura 49. Poder calorífico y humedad de los 6 tipos de pellets

Expresado en la **Figura 49**, se apreció la relación del PC y el % de humedad; puesto que, al aumentar el % de humedad el poder calorífico se vio afectado negativamente disminuyendo su valor.

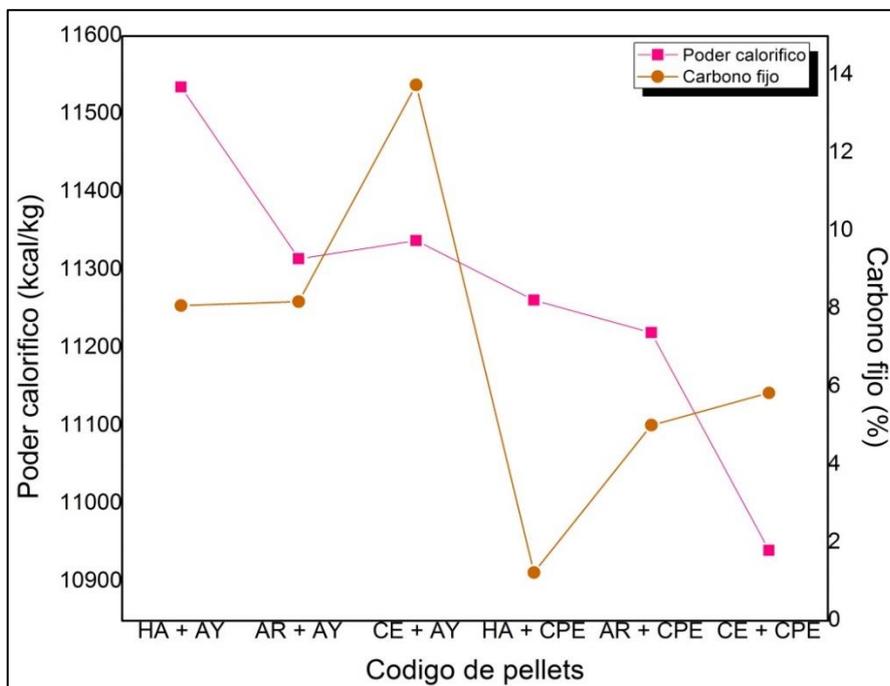


Figura 50. Poder calorífico y CF de los 6 tipos de pellets

De acuerdo a la **Figura 50**, se observó la relación del PC y el % carbono fijo, a más CF presente el poder calorífico generalmente incrementa.

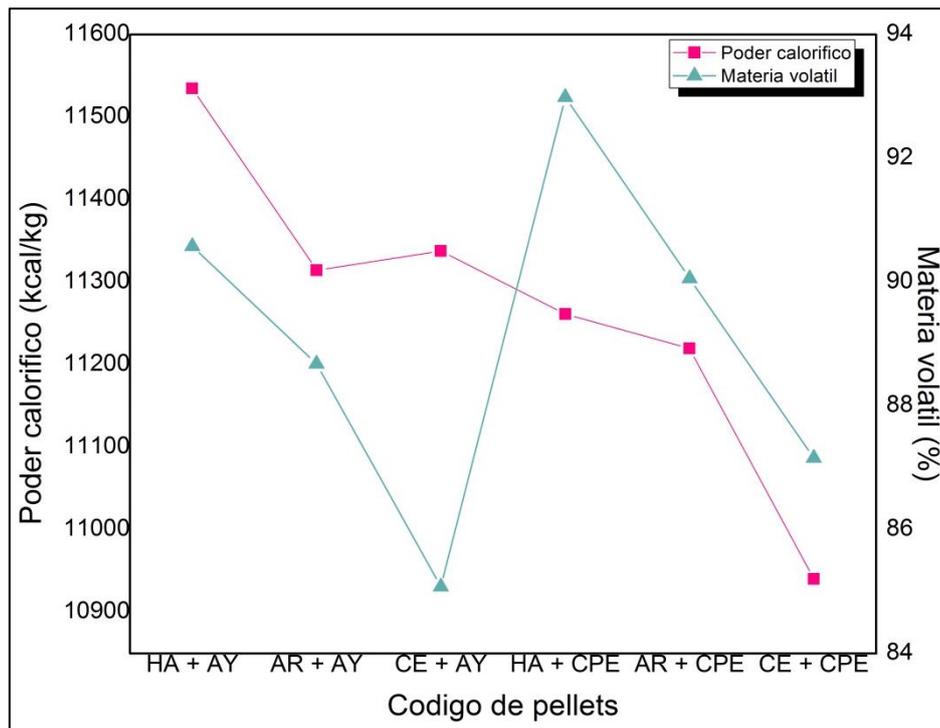


Figura 51. Poder calorífico y materia volátil de los 6 tipos de pellets

Conforme la **Figura 51**, dio a conocer la relación del poder calorífico y la materia volátil; dado que, cuando aumentó el PC se presentó una notable disminución de la materia volátil en los pellets a base del aglutinante de almidón de *Manihot esculenta*, todo lo contrario ocurrió en el caso de los tres pellets a base del aglutinante de endocarpio pétreo de *Carya illinoensis*, donde a menudo incrementaba el poder calorífico y también la materia volátil, causado posiblemente por factores como los aglutinantes empleados en la elaboración.

4.4 Análisis Inferencial y descriptiva

El estadístico inferencial aplicado en este trabajo de investigación fue el análisis de varianza (ANOVA) para los parámetros de humedad y tiempo de ebullición del agua, ya que es una prueba que detecta diferencia en las medias de los grupos comparados cuando existe variables paramétricas, con respecto a los otros parámetros se realizó el análisis descriptivo, comparando de esta manera los seis pellets elaborados con tres distintas biomásas (*Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba*) mezclados con dos tipos de aglutinantes de almidón de *Manihot esculenta* y endocarpio pétreo de *Carya illinoensis* respectivamente.

Tabla 40. Prueba de normalidad de las características físico-químicas, energía, mecánica y combustión de pellets

Indicadores	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Potencial de hidrógeno	,190	6	,200*	,891	6	,321
Conductividad eléctrica	,232	6	,200*	,920	6	,507
Potencial redox	,278	6	,161	,876	6	,250
Humedad	,211	6	,200*	,910	6	,436
Ceniza	,136	6	,200*	,992	6	,994
Materia volátil	,191	6	,200*	,921	6	,512
Carbono fijo	,223	6	,200*	,963	6	,844
Densidad	,217	6	,200*	,955	6	,778
Poder calorífico	,235	6	,200*	,939	6	,649
Resistencia a la compresión	,137	6	,200*	,986	6	,976
Tiempo de ebullición del agua	,122	6	,200*	,982	6	,961

a. Temperatura del extracto es constante. Se ha omitido.

b. Temperatura de secado es constante. Se ha omitido.

La **Tabla 40** muestra los datos experimentales, ubicándose los valores dentro de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk debido a que los datos son menores a 30, los resultados obtenidos tuvieron significancia mayor a 0.005 ($p > 0.05$) rechazando de esta manera la hipótesis alterna y aceptando la hipótesis nula, catalogados como una distribución normal con datos paramétricos. Seguidamente, se empleó la prueba de ANOVA, para comparar los grupos de pellets en base a las biomásas de *Vicia faba* (HA), *Pisum sativum* (AR) y *Hordeum vulgare* (CE), conteniendo cada una dos tipos de pellets, debido a los dos distintos aglutinantes empelados en la mezcla con cada biomasa. Finalmente, se aplicó el método de Tukey para humedad y tiempo de ebullición del agua, pues presentaron un valor de $p < 0.05$ los demás parámetros obtuvieron un valor $p > 0.005$ es por ello que se realizó el análisis descriptivo para cada uno.

Tabla 41. Análisis descriptivo del potencial de hidrógeno

Grupos	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
HA	2	6,9600	1,47078	1,04000	-6,2545	20,1745	5,92	8,00
AR	2	7,3050	,53033	,37500	2,5402	12,0698	6,93	7,68
CE	2	7,5950	,54447	,38500	2,7031	12,4869	7,21	7,98
Total	6	7,2867	,79311	,32379	6,4543	8,1190	5,92	8,00

Los datos de la **Tabla 41**, demostraron que el promedio del potencial de hidrógeno de menor valor fue obtenido por los pellets de *Vicia faba* (HA) con 6.9600 con una variación de 1.47078 a diferencia de los 4 pellets a base de *Pisum sativum* (AR) y *Hordeum vulgare* (CE), con respecto al intervalo de confianza presentaron diferencias significativas entre los pellets de *Vicia faba* con *Pisum sativum* y *Vicia faba* con *Hordeum vulgare*, pero no entre los pellets del grupo de *Pisum sativum* y *Hordeum vulgare*.

Tabla 42. Análisis descriptivo de conductividad eléctrica

Grupos	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
HA	2	2631,50	1440,377	1018,500	-10309,77	15572,77	1613	3650
AR	2	2164,00	828,729	586,000	-5281,84	9609,84	1578	2750
CE	2	1717,50	682,358	482,500	-4413,24	7848,24	1235	2200
Total	6	2171,00	901,402	367,996	1225,04	3116,96	1235	3650

A partir de la **Tabla 42**, se observó que el promedio menor de conductividad eléctrica es de los dos pellets a base de *Hordeum vulgare* con 1717.50 con variación de 1440.377 en comparación con los 4 pellets elaborados de *Vicia faba* y *Pisum sativum*, en el intervalo de confianza los pellets de los tres grupos de biomásas presentaron diferencias significativas.

Tabla 43. Análisis descriptivo de potencial redox

Grupos	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
HA	2	77,50	74,246	52,500	-589,58	744,58	25	130
AR	2	83,50	40,305	28,500	-278,63	445,63	55	112
CE	2	110,00	11,314	8,000	8,35	211,65	102	118
Total	6	90,33	41,137	16,794	47,16	133,50	25	130

En la **Tabla 43**, se verificó que el promedio menor de potencial redox pertenece al grupo de los 2 pellets a base de *Vicia faba* 77.50 con variación de 74.246, seguido de los pellets a base de *Pisum sativum*, siendo mayor la media de potencial redox para los dos pellets de *Hordeum vulgare*, en el intervalo de confianza indicaron diferencias significativas entre los pellets de los tres grupos de biomásas.

Tabla 44. Análisis descriptivo de humedad

Grupos	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
HA	2	10,600	1,6971	1,2000	-4,647	25,847	9,4	11,8
AR	2	11,900	,8485	,6000	4,276	19,524	11,3	12,5
CE	2	15,400	,0000	,0000	15,400	15,400	15,4	15,4
Total	6	12,633	2,3771	,9705	10,139	15,128	9,4	15,4

De acuerdo a la **Tabla 44**, los dos pellets a base de *Vicia faba* presentaron menor humedad con promedio de 10.600 y con variación de 1.6971, siendo similares a los valores de los dos pellets de *Pisum sativum*, sin embargo, los dos pellets a base de *Hordeum vulgare* mostraron mayor humedad con promedio de 15.400 y una variación de 0.000. Indicaron diferencias significativas según el intervalo de confianza, entre los tres grupos de pellets con respecto a las biomásas empleadas.

Tabla 45. Prueba de ANOVA para humedad

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	24,653	2	12,327	10,272	,045
Dentro de grupos	3,600	3	1,200		
Total	28,253	5			

Como se apreció en la **Tabla 45**, se afirma con nivel de significación de 0.05 que la humedad de los pellets de las tres distintas biomásas empleadas (*Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba*) cada una con sus aglutinantes de almidón de *Manihot esculenta* y endocarpio pétreo de *Carya illinoensis* respectivamente presentaron diferencias significativas, ya que el valor de significancia es $0.045 < 0.05$.

Tabla 46. Método tukey para Humedad

Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
HA	2	10,600	
AR	2	11,900	11,900
CE	2		15,400
Sig.		,536	,097

Según la **Tabla 46**, prueba de tukey se pudo afirmar con un nivel de significación que la humedad promedio de los pellets de *Vicia faba* es menor que la humedad promedio de los pellets a base de *Hordeum vulgare*, siendo los mejores pellets a base de *Vicia faba*, seguido de los dos pellets de *Pisum sativum* con almidón de *Manihot esculenta* y endocarpio pétreo de *Carya illinoensis* respectivamente, pues presentaron valores similares a los pellets del primer grupo.

Tabla 47. Análisis descriptivo de materia volátil

Grupos	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
HA	2	91,79	1,703	1,204	76,49	107,09	91	93
AR	2	89,37	,974	,688	80,63	98,12	89	90
CE	2	86,13	1,472	1,041	72,90	99,36	85	87
Total	6	89,10	2,769	1,131	86,19	92,00	85	93

La **Tabla 47**, mostró que los pellets del grupo de *Hordeum vulgare* obtuvieron menor cantidad de materia volátil con promedio de 86.13 y variación de 1.472, incrementándose en los pellets a base de *Pisum sativum* seguido de *Hordeum vulgare*, presentaron diferencias significativas de cantidad de materia volátil entre los tres grupos.

Tabla 48. Análisis descriptivo de ceniza

Grupos	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
HA	2	3,53710	3,145494	2,224200	-24,72404	31,79824	1,313	5,761
AR	2	4,01300	1,269964	,898000	-7,39717	15,42317	3,115	4,911
CE	2	4,06985	4,110907	2,906850	-32,86518	41,00488	1,163	6,977
Total	6	3,87332	2,397868	,978925	1,35691	6,38972	1,163	6,977

Los resultados de la **Tabla 48**, probaron que el valor menor promedio de la cantidad de ceniza es para los pellets de *Vicia faba* con 3.53710 y con una variación de 3.145494, seguido de los 4 pellets de los dos grupos con valores similares entre estos, se presenció diferencias significativas según el intervalo de confianza entre los tres grupos de pellets compuestos por dos tipos de pellets cada uno.

Tabla 49. Análisis descriptivo de carbono fijo

Grupos	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
HA	2	4,66990	4,848348	3,428300	-38,89078	48,23058	1,242	8,098
AR	2	6,61340	2,243226	1,586200	-13,54118	26,76798	5,027	8,200
CE	2	9,80315	5,583103	3,947850	-40,35904	59,96534	5,855	13,751
Total	6	7,02882	4,161191	1,698799	2,66191	11,39572	1,242	13,751

Como se pudo observar en la **Tabla 49**, los datos promedio de carbono fijo para los pellets de *Vicia faba* fueron menores con 4.66990 y 4.848348 de variación, seguido por los pellets de *Pisum sativum* y finalmente por *Hordeum vulgare*, existiendo diferencias significativas según el intervalo de confianza entre los tres grupos de pellets compuestos por dos tipos de pellets cada uno

Tabla 50. Análisis descriptivo de densidad

Grupos	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
HA	2	,95875	,210364	,148750	-,93130	2,84880	,810	1,108
AR	2	1,08850	,112430	,079500	,07836	2,09864	1,009	1,168
CE	2	1,21290	,121764	,086100	,11890	2,30690	1,127	1,299
Total	6	1,08672	,165119	,067410	,91343	1,26000	,810	1,299

Expresado en la **Tabla 50**, los pellets de mayor promedio de densidad fueron para el grupo de *Hordeum vulgare* con 1,08672 y con variación de 0,121764, valor parecido a los pellets del grupo de *Pisum sativum* seguido por el grupo de *Vicia faba* quien obtuvo menor promedio de densidad, finalmente se denotó diferencias significativas según el intervalo de confianza entre los tres grupos de pellets compuestos por dos tipos de pellets respectivamente.

Tabla 51. Análisis descriptivo de poder calorífico

Grupos	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
					HA	2		
AR	2	11267,137	67,111	47,454	10664,172	11870,102	11219,682	11314,591
CE	2	11139,080	281,125	198,786	8613,269	13664,892	10940,295	11337,866
Total	6	11268,103	193,886	79,154	11064,632	11471,574	10940,295	11534,720

Manifestado en la **Tabla 51**, los pellets de mayor promedio en poder calorífico fueron para el grupo de *Vicia faba* con 11398,092 y con variación de 193,222, valor similar al de los pellets del grupo de *Pisum sativum* seguido por el grupo de *Hordeum vulgare* quien obtuvo valores menores de poder calorífico, por último se señaló diferencias significativas según el intervalo de confianza entre los tres grupos de pellets compuestos por dos tipos de pellets cada uno de ellos.

Tabla 52. Análisis descriptivo de resistencia a la compresión

Grupos	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
					HA	2		
AR	2	,11575	,076721	,054250	-,57356	,80506	,062	,170
CE	2	,11545	,034719	,024550	-,19649	,42739	,091	,140
Total	6	,10173	,052213	,021316	,04694	,15653	,028	,170

Enunciado en la **Tabla 52**, los pellets de mayor promedio de resistencia a la compresión fueron para el grupo de *Pisum sativum* con 0.11575 y variación de 0.076721, valor promedio similar al del grupo de *Hordeum vulgare* con 0.11545 con variación 0.034719, continuo del grupo *Vicia faba* quien obtuvo menor promedio de resistencia a la compresión, se observó diferencias significativas según el intervalo de confianza entre los tres grupos de pellets compuestos por dos tipos de pellets.

Tabla 53. Análisis descriptivo de tiempo de ebullición del agua

Grupos	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
					HA	2		
AR	2	8,50	,707	,500	2,15	14,85	8	9
CE	2	10,50	,707	,500	4,15	16,85	10	11
Total	6	8,50	1,871	,764	6,54	10,46	6	11

Expuesto en la **Tabla 53**, los pellets de menor promedio en tiempo de ebullición del agua fue para el grupo de *Vicia faba* con 6.50 y variación de 0.707, se denotó diferencias significativas de cantidad de ceniza entre los tres grupos.

Tabla 54. Prueba de ANOVA para tiempo de ebullición del agua

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	16,000	2	8,000	16,000	,025
Dentro de grupos	1,500	3	,500		
Total	17,500	5			

En la **Tabla 54**, el nivel de significancia es de $0.025 < 0.05$, es decir que existe diferencias significativas entre los grupos de pellets.

Tabla 55. Método tukey para tiempo de ebullición del agua

Biomosas	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
HA	2	6,50	
AR	2	8,50	8,50
CE	2		10,50
Sig.		,129	,129

Como se verifica en la **Tabla 55**, según la prueba de tukey se puede afirmar con un nivel de significación que el tiempo promedio de ebullición del agua realizado con los pellets de *Vicia faba* es menor que el tiempo promedio de ebullición del agua con los pellets a base de *Hordeum vulgare*.

V. DISCUSIÓN

La humedad está relacionada con el tiempo y la forma de secado del pellet, la temperatura fue de 14.55 °C (secado natural) por un tiempo de dos semanas cubierto de mallas raschel evitando de esta manera la incorporación de materias presentes en el aire, depósito de larvas y la reproducción de los insectos. En efecto, los pellets de *Vicia Faba* con el aglutinante de almidón de *Manihot esculenta* presenta mayor poder calorífico con menor cantidad de humedad (9.4%), cumpliendo con los requerimientos de la norma internacional de calidad alemana DIN 51731 (< 12%) para pellets a base de madera. Así mismo, Cuestas (2019) empelando el método anterior obtuvo una humedad de 11% para pellets de cenizas de cascarilla de arroz. Del mismo modo, Paredes (2019) encontró 11.74% de humedad en pellets de a base de borra de café excediendo a la norma NTC 2060-1987 que fija como rango valores menores a 2.5%, puesto que este material es considerado higroscópico es decir absorbe fácilmente la humedad del ambiente exponiendo a la aparición de moho en el material.

Al respecto, Nasrin et al. (2017) encontraron 8.16% de humedad siendo parecido a los pellets de madera estipulados en la norma europea EN 14961-2 de $\leq 10\%$, lo cual mejoran el poder calorífico del pellet. Además, Arti et al. (2016) realizaron pellets obteniendo 13.9% de humedad como mínimo en la combinación de 50/50 de pasto y follaje y un máximo de 16.2% en pasto sobrepasando <12% estipulado en la norma alemana DIN 51731, influenciando de manera negativa al poder calorífico. Por otro lado, Huanca (2017) realizó briquetas mediante la norma Sueca SS18721 presentando 11.75% de humedad clasificándolo dentro del grupo I de relación indirecta con la energía calórica, es decir a mayor humedad menor poder calorífico. Mientras Ndudi y Gbabo (2015) encontraron 12,67% de humedad indicando que fue el adecuado para el briquetado de su biomasa a base de cáscara de arroz. Al igual que Thliza et al. (2020) quienes evidenciaron 10.8% de humedad a base de aserrín y almidón de yuca, y 10.5% para el carbón vegetal de tallos de algodón mezclados con cáscara de arroz utilizando el método ASTM D5373 –02, afirmaron que la cantidad de humedad menor al 18% son adecuadas para el uso doméstico, considerando sus resultados dentro de este rango.

La materia volátil de la mezcla de *Hordeum vulgare* con aglutinante de yuca presenta un valor mínimo de 85.086% y el pellet de *Vicia faba* con aglutinante de almidón de *Manihot esculenta* que mostró mayor poder calorífico obtuvo 90.59% de materia volátil, valores similares a los pellets de madera. Así mismo, Paredes (2019) basándose en la norma NTC 2060-1987 consiguió 15.24% de materia volátil en pellets de borra de café sobrepasando ligeramente con 0.24% los parámetros expuestos en la norma (<15%), sin embargo el comprimido elaborado es eficiente para el uso doméstico.

Seguidamente, Nasrin et al. (2017) obtuvieron 67.78% de materia volátil en el pellet de racimo vacío de frutas similar al de los pellets de madera (72% - 85%), para caracterizar su comprimido utilizaron los valores estipulados en la norma europea EN 14961-2, facilitando el encendido y mejora en el proceso de combustión. Al respecto, Arti et al. (2016) encontraron 71.8% de materia volátil como mínimo en pellets de 50/50 de pasto-follaje y un máximo de 75.1% en pasto considerándose una mejora con respecto a la reducción de K emitido. Así mismo, Pegoretti et al. (2020) estudiaron el potencial energético de dos biomásas llamadas *Paulownia* y *Miscanthus* obteniendo 81.70% y 82.26% de material volátil respectivamente, sin embargo, presenta características considerables para su uso como energía.

Por otro lado, Thliza et al. (2020) evidenciaron 25.9% de materia volátil en briquetas de carbón vegetal de tallos de algodón mezclado con aserrín y el más bajo 20.5% del carbón vegetal de tallos de algodón con cáscara de arroz, indicando que a mayor cantidad de material volátil se requiere mayor energía para la emisión de este compuesto hasta liberar su energía térmica. Mientras Ndudi y Gbabo (2015) en su briqueta a base de cascarilla de arroz encontró 68.20% de materia volátil explicando que el valor es alto, lo cual lleva a una fácil ignición y un aumento proporcional de la llama.

El pellet de residuos de la trilla de *Hordeum vulgare* mezclada con el aglutinante de almidón de *Manihot esculenta* obtuvo 1.1633% menor cantidad de ceniza seguida de la mezcla *Vicia faba* con el aglutinante almidón de *Manihot esculenta* con 1.313%. Por otro lado, Camargo (2019), elaboró pellets compuestos por gránulos de madera con adición de carbón en el cual obtuvo 2,95% de cenizas como uno de sus resultados mínimos. Seguido de Cuestas (2019) con el método ASTM, presentó 10% de cenizas en el pellet de ceniza generada en la cascarilla de arroz favoreciendo a la industria agrícola en el manejo adecuado y controlado de 9.196 toneladas de cascarillas; y 1.839 toneladas de cenizas para pellets, debido al porcentaje mínimo que se genera en la combustión del pellet es posible su uso como nutrientes en los cultivos.

Así mismo, Paredes (2019) basándose en la norma NTC 2060-1987 consiguió 2.96% de ceniza en pellets de borra de café con 27.04% menos del rango máximo permitido en la norma (<30%), valor que es considerado mínimo en la generación de residuos de la combustión y adecuado para el uso doméstico. En consecuencia, Nasrin et al. (2017) presentaron 7.55% en pellets de racimos vacíos de fruta en comparación con la norma europea EN 14961-2 hay un incremento de 7.25% más de lo permitido ($\leq 0.3\%$) probablemente por la contaminación en el manejo de la materia, el almacenamiento que se realizó en el suelo de un espacio abierto, contribuyendo así a la liberación del carbón. A ello, Arti et al. (2016) obtuvieron 8.1% de ceniza como mínimo en pellets de follaje con un máximo de 11% de ceniza en 50/50 de pasto con follaje en ambos casos sobrepasan lo establecido en la norma DIN < 1.5%, probablemente fue por la homogeneidad en la masa.

Por otro lado, Ndudi y Gbabo (2015) encontraron el 16.10% de ceniza en briquetas de cascarilla de arroz con el método ASTM standard D5373-02-2003 indicando que es el grado de impureza que no se quemará durante y después de la combustión, concluyendo que el bajo contenido de este es adecuado para uso térmico. Así mismo, Pegoretti et al. (2020) evidenciaron 1.16% y 2.84% de ceniza en el estudio de biomásas de *Paulownia* y *Miscanthus* respectivamente, siendo fuentes directas de bioenergía que pueden ser llevadas a escala comercial.

Los resultados obtenidos para el carbono fijo (CF) de los 6 distintos tipos de pellets variaron según el tipo de biomasa y el aglutinante usado. Así, los pellets elaborados a base del aglutinante de endocarpio pétreo de *Carya illinoensis* molido y la biomasa de *Hordeum vulgare* (CE+CPE) con el valor más alto de 5.86% en CF y los pellets producidos a partir del aglutinante de Almidón de *Manihot esculenta* (CE+AY), el porcentaje de carbono fijo más alto fue el de *Hordeum vulgare* con un 13.75%, realizado según la norma ASTM D-3172. Así como también, Nasrin et al. (2017), elaboraron pellets a base de residuos de las palmas aceiteras, basándose en la norma EN 14961-2, el cual está indicado para pellets de madera, obteniendo un 16.50% de CF, esto se debe al alto contenido energético de las biomásas. De la misma manera, Rusch, De Moraes Y Faber (2020), elaboraron pellets a base de bambú y comparándolas con las características del *Eucalyptus grandis x urophylla*, obtuvieron 17.3 % de CF en su pellet óptimo, dado que, el porcentaje de material volátil es bajo, esto da pase a que después de la combustión el contenido de cenizas esté presente en grandes cantidades, lo que conlleva a un factor negativo para muchos biocombustibles sólidos.

Por otro lado, Romo et al. (2011), mencionan que el carbono fijo presente en altos porcentajes en las biomásas crea un incremento del valor energético, así como también avala una factible combustión durante su quema; como consecuencia, Chaiyaomporn y Chavalparit (2010), contrastan que el CF presente en altas cantidades en los pellets es rápido de combustionar, pero generan más cantidad de humo. Por otro lado, Carrillo y Parra et al. (2016), señalan que el carbón fijo en bajos porcentajes, incrementa la inconsistencia y fragilidad, haciendo que los pellets disminuyan su resistencia a la compresión y consistencia. Es por esta razón que nuestro pellet a base de CE+AY es adecuado para su uso, ya que como lo antes mencionado, el CF está dentro del parámetro establecido, presentándose en un porcentaje intermedio y haciendo posible que al momento de prender el pellet combustione de una manera rápida sin eliminar humo en exceso; de la misma manera, el porcentaje del CF encontrado no altera las características de resistencia y consistencia presente en el pellet elaborado.

Con respecto al Poder calorífico (PC), el pellet a base de *Vicia faba* con aglutinante de almidón de *Manihot esculenta* (HA+AY), obtuvo el valor de 11534.720 kcal/kg, siendo el más elevado en comparación a los otros pellets elaborados por los distintos autores mencionados en los antecedentes. Esto se debe a que el PC está en relación con la humedad obtenida, en este caso el pellet de HA+AY tuvo una humedad de 9.4%. Por otro lado, Chaiyaomporn Y Chavalparit (2010) quienes elaboraron pellets a base de fibra y cáscara de palma, tomando como aglutinante residuos del biodiesel, obtuvieron un poder calorífico de 22.5 MJ / kg (5377.629 kcal/kg), dado a que el PC está en relación con la materia prima, agua y el aglutinante; la cáscara y fibra de palma disminuyeron el poder calorífico del pellet que realizaron. De igual manera, Paredes (2019), elaboró pellets a base de café molido y pasado, basándose en la NTC 2060, obteniendo un PC de 4732.314 kcal/kg, ello se debe a que el porcentaje de humedad obtenida fue de 11.74% influenciando en el pellet de manera negativa.

El PC del pellet de HA+AY se encuentra dentro de la Norma Alemana DIN Plus, elaborada para pellets de madera de una excelente calidad en el uso de calderas, señala que el poder calorífico no debe de ser menor a 18 MJ/kg (4302.1 kcal/kg). Según Chaiyaomporn Y Chavalparit (2010), nos indican que un ascendente porcentaje de humedad reduce el poder calorífico del pellet y que éste debe de ser lo suficientemente elevado para la utilidad en la industria; además, Camargo (2019) comentó que la relación entre el PC y el porcentaje de humedad son inversamente proporcional, ya que a menor presencia de humedad más elevado es el PC. De la misma manera, Nasrin et al. (2017) señalaron que la humedad influye en el PC, afectando la etapa de combustión debido a que el calor en la etapa inicial se centraría en evaporar el agua presente en los pellets. Es por tal motivo que el pellet de HA+AY fue adecuado para su uso, ya que estuvo por encima de la norma y presentó una humedad mínima sin afectar al pellet al momento de combustionar.

El secado de todos los pellets fue de un tiempo óptimo de dos semanas, dentro del cual la temperatura ambiente promedio fue de 14.55°, en ese tiempo se utilizó el secado rotatorio manual para prevenir la presencia de moho; a comparación de los diferentes autores mencionados en los antecedentes, los cuales utilizaron una máquina de secado para acelerar el proceso de secado a una temperatura de 40°C. Paredes (2019), menciona que el proceso de secado nos ayuda a eliminar la humedad y afirma que el secado del pellet a baja temperatura evita que este se deshidrate de una manera repentina y cause su rompimiento. De igual manera, Camargo (2019) refiere que el correcto secado de los pellets ayuda con el endurecimiento y estabilidad del comprimido. Es por esta razón que todos los pellets elaborados en este trabajo tienen un secado homogéneo el cual ayudo a preservar la calidad del pellet al momento de almacenarlo y en su manipulación.

Dentro de los seis tipos de pellet elaborados con distintas biomásas y aglutinantes, el pellet con mejor resistencia a la compresión (RC) fue el de *Pisum sativum* con aglutinante de endocarpio pétreo de *Carya illinoensis* (AR+CPE), teniendo una resistencia de 0.17 Kg/cm² y soportando una fuerza de 2.67 kg. En comparación con Cancho (2015), alude que la RC también es llamada dureza, este elaboro pellets a base de serrín de *Pinus pinaster* obteniendo 20.62 Kg de RC debido a la adición de agua durante la densificación. De igual manera Chaiyaomporn Y Chavalparit (2010), quienes realizaron pellets a base de fibra y cáscara de palma el cual tuvo una fuerza de compresión promedio de 5.37 MPa (54.7 Kg/cm²), puesto que tuvo una proporción de 80:20 y el tamaño de la partícula usado fue de 2 mm.

Según cancho (2015), la RC nos ayuda a estimar la conducta del pellet al momento de ser almacenado o transportados, de igual manera al aumentar la humectación de los pellets, también incrementa su resistencia a la compresión. Por otro lado, Camargo (2019) nos indica que los pellets que no alcanzan el requisito de la RC se deben a que el tiempo de secado no fue el adecuado. Reforzando lo anterior, Chaiyaomporn y Chavalparit (2010), infieren que los pellets deben responder ante una fuerza horizontal por la manera en que es almacenada.

El tiempo de ebullición del agua fue medida bajo el Water Boiling Test (WBT), de tal manera que los 250 g de pellets con aglutinante de almidón de *Manihot esculenta* dio un óptimo resultado y fue el elaborado a base de *Vicia Faba*; considerando que en 6.4 min de haber combustionado los pellets dentro del fogón de barro hirvió los primeros 500 ml de agua colocados en una olla de metal a una temperatura de 402.5°C. Luego de realizar el cambio de agua (según el WBT) este empezó a hervir a los 14 min de haber colocado los pellet con una temperatura de 381°C. Referente a los 250 g de pellets con aglutinante de endocarpio pétreo de *Carya illinoensis*, presentó una mejor combustión el comprimido elaborado de *Vicia Faba*, logrando hervir los primeros 500 ml en un tiempo de 7 min a una temperatura de 434 °C, el tiempo de ebullición del segundo cambio de agua sucedió a los 15 min de haber prendido los pellets, a una temperatura de 358°C. Según Bayer, Graciano Y Gómez (2013), la eficiencia del calor tiene una relación con el hervor - evaporación del líquido y el poder calórico de la madera, añadiendo que este test determina la eficacia térmica, así como también el gasto preciso del combustible utilizado .

Los valores de mayor densidad es 1.299 g/cm³ obtenido del pellet de trilla de *Hordeum vulgare* con aglutinante de almidón de *Manihot esculenta*, coincidiendo con Nasrin et al. (2017) obtuvieron 0.664 g/cm³ de densidad como máximo del racimo vacío de frutas mediante la comparación con la norma europea EN 14961-2, cumplió con los requisitos de <600 Kg/ m³ convertido 0.6 g/cm³ a excepción de la muestra que presentó 0.5243 g/cm³ diferenciando por 0.0757, la densidad mejora la energía facilitando también los aspectos logísticos, comerciales, transporte y almacenamiento; ya sea tanto para los productores como consumidores. Así mismo, Arti et al. (2016) obtuvo un rango de 0.659 g/cm³ en follaje y 0.600 g/cm³ de pasto encontrándose por debajo de lo establecido de >1-1.4 g/cm³ establecido en la norma DIN, térmicamente permite su uso en calderas pequeñas o aparatos de gasificación. De este modo, Agar, et al. (2018) realizaron 192 lotes de pellet a base de residuos de tala, trigo, alpiste, sauce, chopo, haya y corteza de pino, obteniendo de 0.532 a 0.714 g/cm³ de densidad en los mejores lotes, logrando obtener pellets de buena calidad.

Por otro lado, Ndudi y Gbabo (2015) obtuvieron 1.17 g/cm^3 de densidad en la briqueta de cáscara de arroz utilizando el método ASTM standard D5373-02-2003, refiriendo que la condición física de las briquetas presentaba superficies externas rugosas, así mismo la estructura en la sección transversal era compacta y homogénea con color pardusco siendo índices para una combustión eficiente de las briquetas. Seguido de Thliza et al. (2020) consiguieron 1.20 g/cm^3 de densidad a base de aserrín aplicando el método internacional ASTM D5373 –02. En tal sentido, Huanca (2017) encontró 1.145 g/cm^3 de densidad en Cumala y Marupa, respecto a la norma Sueca SS18721 están dentro del grupo I debido a que los valores superan el a 550 Kg/ m^3 convertido es 0.55 g/cm^3 de este modo son más densos que las materias primas.

Para las características físico-químicas de la mezcla del pellet en temperatura, potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica y potencial redox, variaron con respecto al análisis realizado individualmente a las biomásas y aglutinantes. En consecuencia, Husson (2013) menciona que los parámetros de potencial redox y potencial de hidrógeno se relacionan, considerando que el primero incrementa con la acidificación y disminuye con la alcalinización, hallando así en la paja fresca un potencial redox de $+150 \text{ mV}$ con $\text{pH } 5.5 - 7$. Así mismo, Chakir et al. (2016) refieren que la conductividad eléctrica está relacionada con la concentración de ácidos minerales y orgánicos, presentando variaciones en los valores según el origen vegetal.

VI. CONCLUSIONES

1. El pellet con mayor poder calorífico presente fue de *Vicia faba* con aglutinante de almidón de *Manihot esculenta* (HA + AY), obteniendo 11534.720 kcal/kg de PC, la biomasa al homogenizarse con el aglutinante aumentó notoriamente su poder calorífico en comparación con los demás pellets elaborados, siendo ello de gran beneficio para el pellet puesto que puede competir fácilmente con los pellets comerciales encontrados en el mercado y es favorable para el cuidado del medio ambiente.
2. El pellet que obtuvo mejores características físico-químicas, fue elaborado a base de *Hordeum vulgare* con el aglutinante de almidón de *Manihot esculenta* (CE + AY), presentando mejores resultados en cantidad de materia volátil con 85.086%, en cantidad de cenizas con 1.163%, en carbono fijo con 13.751% y con una densidad de 1.299 g/cm³, hallándose dentro de la norma alemana DIN 51731; sin embargo, su poder calorífico fue menor al de HA + AY. Por otro lado, el pellet que obtuvo mayor PC no presentó mucha desigualdad en las características fisicoquímicas que se encontró en el pellet de CE + AY.
3. El pellet que obtuvo mayor energía dentro de los seis tipos de pellets elaborados a base de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* con aglutinantes naturales, fue de *Vicia faba* y el aglutinante de almidón de *Manihot esculenta* (HA+AY), dado que mostró un alto valor de poder calorífico (11534.720 kcal/kg) considerándose de esta manera rentable para su uso por el cumplimiento con el estándar de la norma alemana.
4. Dentro de las características mecánicas, el pellet que obtuvo mejor resultado fue el que presentó mayor resistencia a la compresión, el elaborado a base de *Pisum sativum* con aglutinante de endocarpio pétreo *Carya illinoensis* (AR+CPE), confirió el promedio más alto de 0.17 kg/cm², estimando este dato importante para el traslado y almacenamiento.
5. El pellet de mayor combustión, utilizando el water boiling test para determinar el tiempo de ebullición del agua fue de 6 minutos con 250 gramos del comprimido a base de *Vicia faba* con aglutinante de almidón de *Manihot esculenta* (HA + AY), pues presentó una alta eficacia térmica.

VII. RECOMENDACIONES

Evaluar los gases presentes en los pellets durante el proceso de combustión, para que de esta manera se pueda comparar con el ECA del aire y servir como un aporte para el estudio de pellets a base de residuos orgánicos.

El elaborar pellets a base de otros aglutinantes y/o biomásas, sería factible con el propósito de realizar una comparación entre el poder calorífico, resistencia a la compresión y durabilidad.

Se sugiere para las futuras investigaciones variar la granulometría para la elaboración de los pellets, con el fin de evaluar la variabilidad en el poder calorífico, resistencia a la compresión y durabilidad.

En las nuevas investigaciones considerar a la biomasa de *Vicia faba* para ser trabajada con otros aglutinantes naturales; puesto que, es el pellet que presentó mayor poder calorífico en combinación con el aglutinante de almidón de *Manihot esculenta*.

REFERENCIAS

AGAR, D., RUDOLFSSON, M., KALÉN, G., CAMPARGUE, M., DA SILVA PEREZ, D. y LARSSON, S. A systematic study of ring-die pellet production from forest and agricultural biomass. [In line]. *Journal research gate* 2018. Fuel Processing Technology. 180. 47-55. DOI: 10.1016/j.fuproc.2018.08.006. Available at:https://www.researchgate.net/publication/327074589_A_systematic_study_of_ring-die_pellet_production_from_forest_and_agricultural_biomass/citations

ARTI, J, DÖHLING, F. y BERGER, F. and Grass as Fuel Pellets–Small Scale Combustion of Washed and Mechanically Leached Biomass. *Journal of energies - MDPI*. [En línea].11 de Mayo 2016. [Fecha de consulta: 8 de Mayo del 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/en9050361>

BARROSO, T. *Elaboración de Pellets a partir de cáscara de pecana como combustible bioenergético* [en línea]. Título de Ingeniera Ambiental. Universidad César Vallejo, 2018. [Consultado 15 mayo 2020]. Disponible en: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/24713/Barroso_LTS.pdf?sequence=4&isAllowed=y.

BERNARDI, L. Perfil de la cebada [en línea]. Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. Perú, 2019. [fecha de consulta: 15 de mayo de 2020]. Recuperado de: https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/informes/perfil-de-cebada-2019.pdf

BIOCARBON. Pellet Production: Optimization of Pelletizing Process por Pietro Bartocci, [et al]. The Italian Association of Chemical Engineering. VOL. 65. DOI: 10.3303/CET1865060. Italia, 2018. [Fecha de consulta: 05 de mayo de 2020]. Recuperado de https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/2585079/Bartocci2018bpp_publicisert.pdf?sequence1

BIOMASA. Real Academia Española [en línea]. [fecha de revisión: 12 de mayo de 2020]. Recuperado de: <https://dle.rae.es/biomasa>

CAMARGO, B. Development of pellets from wood and charcoal fines. Tesis (Maestría en ingeniería de producción).Brasil: Universidad Tecnológica Federal de Paraná, 2019. Recuperado de: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4091>

CANCHO, F. *Estudio De Los Parámetros De Pelletizado De Residuos Biomásicos En Pelletizadora Semi-Industrial*. Tesis (Título profesional de Ingeniero Mecánico). España. Universidad De Extremadura de Badajoz, 2015. 75 pp. Disponible en: http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/3899/TFGUEx_2015_Cancho_Franco.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CARRILLO, A., FOROUGHBAKHCH, R. y BUSTAMANTE, V. Quality of charcoal from *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst. and *Ebenopsis ebano* (Berland.) Barneby & J.W. Grimes produced in an earth pit kiln. *Revista Mexicana de Ciencia*. [En línea]. Abril 2013, Vol. 4 Núm. 17 [fecha de Consulta 29 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v4n17/v4n17a7.pdf>

CELY, E. Caracterización Geológica Y Físicoquímica De Los Carbones Explotados Por La Empresa Intercarbon Mining S.A.S. Tesis (Proyecto de grado de ingeniería de minas) Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia, 2016. 104 pp. Disponible en: <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1614/1/TGT-349.pdf>

CEP. Energías renovables y Cuidemos el planeta (2018).[en línea]. [Fecha de consulta: 11 de Mayo del 2020]. Disponible en: <http://www.lineaverdeceutatrace.com/lv/consejos-ambientales/energias-renovables/energias-renovables.pdf>

CHAKIR, A., ROMANE, A., MARCAZZAN, G. y FERRAZZI, P. Physicochemical properties of some honeys produced from different plants in Morocco. *Journal Science Direct* [en línea], vol. 9, Suplemento 2 DOI: <https://doi.org/10.1016/J.ARABJC.2011.10.013>. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2011.10.013>

CUESTAS, E. Fabricación de pellets a partir de la ceniza generada en el proceso de la cascarilla del arroz. *Journal of Chemical Information and Modeling* [en línea], vol. 53, no. 9, pp. 1689-1699. ISSN 1098-6596. DOI 10.1017/CBO9781107415324.004. Disponible en: http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/11392/Articulo_fabricacion_pellets.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

DIAZ, P y BENITES, E. Poder calorificante de briquetas elaboradas con biomasa y aglutantes orgánicos. *DYNA Energía y Sostenibilidad*, enero-diciembre 2019, vol. 8, no. 1, pág. [12 págs.]. DOI: <https://doi.org/10.6036/ES9113>

DIAZ, P y BENITES, E. Renewable energy of biomass briquets and organic binders. *Journal of DYNA*, March 2020, vol. 95, no. 2, p.129. DOI: <https://doi.org/10.6036/9429>

FLORES, M. [et al]. Composición fisicoquímica y capacidad antioxidante del fruto del pecanero en condiciones de año de elevada producción (“on”) y de año de baja producción (“off”). Chihuahua, México - Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, UACH, 2016. [Fecha consulta: 17 de mayo de 2020]. Disponible en [http://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2016/112-3/\(255-270\)%20V36648.pdf](http://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2016/112-3/(255-270)%20V36648.pdf)

FRONTIERS in Environmental Science. Alemania: Instituto Fraunhofer de Tecnología del Medio Ambiente, Seguridad y Energía UMSICHT, 2018. [Fecha de consulta: 05 de mayo de 2020]. Recuperado de: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00036>

GOOGLE EARTH PRO. Ubicación de las biomásas en Google Earth Pro [mapa en línea] [Fecha de consulta: 23 de octubre del 2020]. Disponible en: <https://www.google.com/intl/es/earth/>

HUANCA, L. Evaluación del Proceso de Producción de Briquetas a partir de residuos de dos maderas de la zona de Iquitos, Loreto. *Repositorio La Molina* [en línea]. 2017, no. 63, pp. 49. [Fecha de consulta 10 Mayo 2020] Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3459>.

HERNANDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C y BAPTISTA, M. Metodología de la investigación. McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. DE C.V.[en línea]. 6.ª ed. México, ISBN: 978-1-4562-2396-0. 2014. 600 pp.[fecha de consulta: 30 de octubre de 2019]. Disponible en https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigacion%205ta%20Edicion.pdf

HUANCA, L. Evaluación del Proceso de Producción de Briquetas a partir de residuos de dos maderas de la zona de Iquitos, Loreto. *Repositorio La Molina* [en línea]. 2017, no. 63, pp. 49. [Fecha de consulta 10 Mayo 2020] Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3459>

HUSSON, O. Redox potential (Eh) and pH as drivers of soil/plant/microorganism systems: a transdisciplinary overview pointing to integrative opportunities for agronomy. Springer Link [en línea]. Plant Soil 362, 389–417 (2013). DOI <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1429-7>. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11104-012-1429-7#citeas>

JIMÉNEZ, E. y MARTÍNEZ S. *Obtención y caracterización física y química del almidón de yuca (Manihot Esculentum) variedad Guayape*. Tesis (Ingeniero en industrial alimentaria). Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Facultad de Ingeniería química e industrias alimentarias, 2016. Recuperado de: <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/865/BC-TES-4008.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LA TORRE, K. *Efecto de goma xantana y almidón de yuca (Manihot esculenta Crantz) como aglutinantes sobre la calidad física de la dieta peletizada para codornices en fase de postura, en Tingo María*. Tesis (Ingeniero Zootecnista). Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Zootecnia, 2018. Recuperado de: http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1452/TRK_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

LUCAS, A. [et al]. Biomasa, Biocombustibles Y Sostenibilidad-Bloque I. Materias primas-Concepto clasificación y usos de biomasa. *Revista Centro Tecnológico*

Agrario y Agroalimentario. ITAGRA.CT. [En línea].2012.nº1. [Fecha de consulta 10 de Mayo del 2020]. Disponible en: <http://sostenible.palencia.uva.es/system/files/publicaciones/Biomasa%2C%20Biocombustibles%20y%20Sostenibilidad.pdf>

NARROS, G. y DE LA SOTA, C. *Estudio comparativo de la eficiencia térmica y de las emisiones de cocinas de biomasa en Senegal.* Tesis (Grado en Ingeniería en Tecnología Industriales).Universidad Politécnica de Madrid, 2017. 164 pp. Disponible en: http://oa.upm.es/49757/1/TFG_ALICIA_DIEZ_MARTINEZ.pdf

NASRIN, A. [et al]. Quality compliance and environmental impact assessment of commercial empty fruit bunch (EFB) pellet fuel in Malaysia. *Revista Journal of Oil Palm Research* Vol. 29. [En línea].Diciembre 2017 p. 570 – 578. [Fecha de consulta 09 de Mayo del 2020]. DOI: 10.21894 / jopr.2017.0002 Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Nasrin_Abu_Bakar/publication/320308606_Quality_compliance_and_environmental_impact_assessment_of_commercial_empty_fruit_bunch_EFB_pellet_fuel_in_Malaysia/links/5cc6b43b299bf12097875624/Quality-compliance-and-environmental-impact-assessment-of-commercial-empty-fruit-bunch-EFB-pellet-fuel-in-Malaysia.pdf

DUDI, A. y GBABO, A. The Physical , Proximate and Ultimate Analysis of Rice Husk Briquettes Produced from a Vibratory Block Mould Briquetting Machine. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology* [en línea]. 2015. vol. 2, no. 5, pp. 814-822. ISSN 0004-3591. DOI 10.1002/art.22044. Disponible en: http://ijiset.com/vol2/v2s5/IJISSET_V2_I5_121.pdf.

NERI, F. *Caracterización y cinética de la pirólisis del bagazo de caña de azúcar.* Tesis (Maestro En Ciencia Y Tecnología Ambiental). México. Centro De Investigación En Materiales Avanzados de Chihuahua, 2002. 46 pp. Disponible en:<https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/2303/1/Tesis%20M.%20Francisco%20Neri.pdf>

OSINERGMIN. *La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático* [en línea]. 2017.S.I.: s.n. ISBN 33. Disponible en:

http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf.

OZCARIZ, V. *Aprovechamiento de Residuos Agroforestales, con particular interés en los originados en explotaciones de Nuez Pecán (Carya illinoensis), por medio del cultivo de Hongos Saprófitos Saludables Ibéricos*. Tesis (Tesis doctoral). España: Universidad de Valladolid. Escuela técnica superior de ingenierías Agrarias, 2016. Recuperado de : <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/16680/Tesis942-160406.pdf;jsessionid=2CF50E83D8B4FF1F4FDC0ABAB5802C45?sequence=1>

PAREDES, G. *Aprovechamiento de los residuos del café molido y pasado para elaborar un biocombustible de segunda generación* [en línea]. Título de Ingeniero Químico. Universidad Central del Ecuador, 2019. [Consultado 12 mayo 2020]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/19242>

PEGORETTI, H., MUÑOZ, F., TEIXEIRA, R., SÁEZ, K. y SEGURA, C. Energy potential of Paulownia and Miscanthus clones for energy production in Chile Resumen. *Madera y Bosques*. [en línea]. 2020, vol. 26, no. 1, pp. 1-37. Disponible en: <http://myb.ojs.inecol.mx/index.php/myb/article/viewFile/e2611916/2062>

PÉREZ, J., GRACIANO, D., GÓMEZ, J. Caracterización energética y emisiones de una estufa de cocción ecoeficiente con biomasa a diferentes altitudes. *Revista de ingeniería mecánica* [en línea]. 2013. septiembre-diciembre. Vol. 16. No. 3. p.p. 227-237. ISSN 1815-5944. [fecha de Consulta 13 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/im/v16n3/im07313.pdf>

RÍOS B, I.. *Producción de pellets de cascarilla de arroz con máximo contenido energético* [en línea]. 2017. S.l.: s.n. Disponible en: <http://ring.uaq.mx/bitstream/123456789/1218/1/RI005085.pdf>.

RIVERA, G. y SERAFÍN MUÑOZ, A. Diseño, elaboración y obtención de biocombustibles sólidos sustentables para comunidades marginadas en un prototipo manual. *Jovenes en la ciencia* [en línea], 2018. vol. 4, no. 1, pp. 95-2798. Disponible en:

<https://pdfs.semanticscholar.org/d060/bd090964f81c2a3359bee69878819a044420.pdf>.

RUSDIANTO, A. S. Physico-Chemical Properties of Biopellet from Coffee Shell [on line]. *Research Journal of Chemical and Environmental Sciences*. Res J. Chem. Environ. Sci. Vol 6 [3], pag 40-43. 2018. [Fecha de consulta: 05 de mayo de 2020]. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Andrew_Setiawan_Rusdianto2/publication/329571567_O-OR-RI-IG-GI-IN-NA-AL-L-A-AR-RT-TI-IC-CL-LE-E-Physico-Chemical-Properties-of-Biopellet-from-Coffee-Shell/links/5c0ff332a6fdcc494fed84b2/O-OR-RI-IG-GI-IN-NA-AL-L-A-AR-RT-TI-IC-CL-LE-E-Physico-Chemical-Properties-of-Biopellet-from-Coffee-Shell.pdf

RUSH, F., MORAES, D. y FABER, R. Potential of bamboo for energy purposes. *Journal of Chemical Information and Modeling* [en línea], 2019. vol. 53, no. 9, pp. 1689-1699. ISSN 1098-6596. DOI 10.1017/CBO9781107415324.004. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/318737195_Bioenergy_production_from_Bamboo_Potential_source_from_Malaysia's_perspective

ROMO, N. [et al]. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y térmicas de tallos de café y su análisis económico para la producción de pellets como biocombustible sólido. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente* [en línea]. 2011, (10), 79-91 [fecha de Consulta 29 de octubre de 2020]. ISSN: 1692-9918. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231122666007>

SENAMHI. Datos hidrometeorológicos en Lima [en línea]. [fecha de revisión: 3 de diciembre de 2020]. Recuperado de: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=lima&p=estaciones>

SERRANO, C. [et al]. Effect of moisture content, particle size and pine addition on quality parameters of barley straw pellets. *Revista Fuel Processing Technology*. [En línea]. Diciembre 2010 vol. 92. [Fecha de consulta 08 de Mayo del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378382010003942>

ISSN 0378-3820

TAM, J., VERA, G. y OLIVERO, R. Tipos, Métodos y Estrategias de Investigación Científica. *Revista de la Escuela de Posgrado*. [en línea]. 2008. [Fecha de consulta 15 de Mayo del 2020]. Disponible en: http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/articulos/imarpe/oceanografia/adj_modela_pa-5-145-tam-2008-investig.pdf

THLIZA, B. [et al]. Determination of Compressive Strength and Combustibility Potential of Agricultural Waste Briquette. *Revista Chemical Science International Journal*. [en línea]. 25 Febrero 2020, 17 pp. DOI: 10.9734/CSIJ/2020/v29i130156. [Fecha de consulta 12 de Mayo del 2020]. Disponible en: <http://www.journalcsij.com/index.php/CSIJ/article/view/30156>

TOJES, J. *Caracterización energética del densificado de aserrín como un biocombustible, pellet, utilizando tres diferentes aglutinantes: arcilla, almidón y yeso*. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Universidad de San Carlos de Guatemala, 2015. 118 pp. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/1074/1/Josu%C3%A9%20Fernando%20Tojes%20Pacheco.pdf>

TREJO, D. *Producción de pellets de residuos de cultivo de frijol con máximo contenido energético* [en línea]. 2018. S.l.: s.n. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2010.07.003><http://dx.doi.org/10.1016/j.sciotenv.2016.06.080><http://dx.doi.org/10.1016/j.bbapap.2013.06.007><https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fmicb.2018.02309/full><http://dx.doi.org/10.1007/s13762->

VALIENTE, A. *"Elaboración de briquetas para aprovechamiento del residuo de arroz en beneficios del municipio de el progreso, Jutiapa*. Tesis (Título de Ingeniera Química Industrial). Universidad Rafael Landívar de Guatemala, 2017. 96 pp. Disponible en: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrkd/2017/02/02/Valiente-Astrid.pdf>

VALLADOLID, Á. Leguminosas de grano “semillas nutritivas para un futuro sostenible” [en línea]. *MINAGRI*. Perú, 2016. [fecha de revisión: 12 de mayo de 2020]. Recuperado de: <http://minagri.gob.pe/portal/download/legumbres/catalogo-leguminosas.pdf>

VELAZQUEZ, B. *Aprovechamiento de la biomasa para uso energético [en línea]*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. México, 2018. [Fecha de revisión: 12 de mayo de 2020]. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/handle/10251/113122>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA/ UNIDADES
<p>Variable Dependiente</p> <p>Pellets ecológicos</p>	<p>Son combustibles naturales, formados por la compactación de biomasa. Los más usados son procedentes del sector agrícola o forestal, los cuales se encuentran como biomasa residual, (follaje, astilla, aserrín, entre otros). Los pellets tienen un diámetro de 1 cm a 2.5 cm y una longitud máxima de 2 cm (Paredes, 2019).</p>	<p>Para determinar la eficiencia de la biomasa en forma de pellets se empleó el análisis de las características físicas, mecánica, energía y combustión de pellets.</p>	<p>Características físico - químicas</p>	Temperatura del extracto	°C
				Potencial de hidrógeno	1-14
				Conductividad eléctrica	µS/cm
				Potencial redox	mV
				Cantidad de humedad	%
				Cantidad de materia volátil	%
				Cantidad de cenizas	%
				Cantidad de carbono fijo	%
				Densidad	g/cm ³
			Temperatura de secado	°C	
			Energía	Poder calorífico	Kcal/Kg
			Característica mecánica	Resistencia a la compresión	Kg/cm ²
Combustión de pellets	Tiempo de ebullición del agua (water boiling test)	min			

<p>Variable Independiente</p> <p>Residuos de trilla de <i>Hordeum vulgare</i>, <i>Pisum sativum</i> y <i>Vicia faba</i> con aglutinantes naturales</p>	<p>La biomasa es la materia orgánica originada en un proceso biológico ya sea de origen vegetal o animal, compuesta principalmente de carbono el cual es aprovechado como combustible al quemarse. Además de ser fuente de energía renovable y utilizable como fuente de energía ya que su contenido energético procede de la energía solar fijada por los vegetales en el proceso de fotosíntesis (Trejo, 2018).</p>	<p>La cantidad de residuos de biomasa utilizada fue previamente caracterizada, como también los aglutinantes. Seguidamente, la determinación de la granulometría fue establecida por el tamizado realizado a las biomاسas.</p>	<p>Proporción de biomاسas y aglutinantes, en estado húmedo</p>	Cantidad de <i>Vicia faba</i> (haba)	g
				Cantidad de <i>Pisum sativum</i> (arveja)	g
				Cantidad de <i>Hordeum vulgare</i> (cebada)	g
				Cantidad de endocarpio pétreo de <i>Carya illinoensis</i> molido	g
				Cantidad de almidón de <i>Manihot esculenta</i>	g
				Volumen de H ₂ O en la homogenización	ml
				Tiempo de homogenización de la mezcla	min
			<p>Características físico - químicas de biomاسas y aglutinantes</p>	Granulometría	mm
				Temperatura del extracto	°C
				Potencial de hidrógeno	1 - 14
				Conductividad eléctrica	μS/cm
				Potencial redox	mV
				Densidad	g/cm ³
				Cantidad de humedad	%
				Cantidad de cenizas	%
<p>Energía de biomاسas y aglutinantes</p>	Cantidad de la materia volátil	%			
	Cantidad de carbono fijo	%			
	Poder calorífico	%			

Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos

Ficha 1. Análisis inicial inmediato de biomásas y aglutinantes											
Título del proyecto	Pellets ecológicos utilizando residuos de trilla de <i>Vicia faba</i> , <i>Pisum sativum</i> y <i>Hordeum vulgare</i> con aglutinantes naturales, Dos de Mayo, Huánuco – 2020.										
Responsables	-Caballero Melgarejo Kelly -Lara Lumba Sheyli										
Asesor	Dr. Benites Alfaro Elmer										
Lugar					Fecha					Hora	
Dimensiones	Características físico - químicas de biomásas y aglutinantes										Energía de biomásas y aglutinantes
Indicadores	Granulometría	Temperatura de extracto	Potencial de hidrogeno	Conductividad eléctrica	Potencial redox	Densidad	Humedad	Materia volátil	Ceniza	Carbono fijo	Poder calorífico
Unidad de Medida	mm	°C	1 - 14	µS/cm	mV	g/cm ³	%	%	%	%	Kcal/Kg
<i>Vicia faba</i>											
<i>Pisum sativum</i>											
<i>Hordeum vulgare</i>											
Almidón de <i>Manihot esculenta</i>											
Endocarpio pétreo de <i>Carya illinoensis</i> molido											


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro,
 CIP. 71998
 ORCID iD: 0000-0003-1504-2089
 Scopus ID de autor: 57216176765
 Web of Science Researcher ID: AAI-8644-2020


 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275


 Mg. Ing. Fiorella Vanessa Güere Salazar
 Docente
 CIP: 131344


 Dr. Carlos Francisco Cabrera Carranza
 DNI.17402784
 CIP.16572

Ficha 2. Control de la composición de pellets					
Título del proyecto	Pellets ecológicos utilizando residuos de trilla de <i>Vicia faba</i> , <i>Pisum sativum</i> y <i>Hordeum vulgare</i> con aglutinantes naturales, Dos de Mayo, Huánuco – 2020.				
Responsables	-Caballero Melgarejo Kelly -Lara Lumba Sheyli				
Asesor	Dr. Benites Alfaro Elmer				
Lugar		Fecha		Hora	
Biomاسas	Proporción de biomاسas (g)	Proporción de aglutinantes		Volumen de H2O (ml)	Tiempo de homogenización (min)
		Endocarpio pétreo de <i>Carya illinoensis</i> molido (g)	Almidón de <i>Manihot esculenta</i> (g)		
<i>Vicia faba</i>					
<i>Pisum sativum</i>					
<i>Hordeum vulgare</i>					


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro,
 CIP. 71998
 ORCID ID: 0000-0003-1504-2089
 Scopus ID de autor: 57216176765
 Web of Science Researcher ID: AAI-8644-2020


 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275

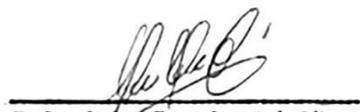

 Mg. Ing. Fiorella Vanessa Güere Salazar
 Docente
 CIP:131344


 Dr. Carlos Francisco Cabrera Carranza
 DNI.17402784
 CIP.46572

Ficha 3. Análisis general de los pellets ecológicos

Título del proyecto		Pellets ecológicos utilizando residuos de trilla de <i>Vicia faba</i> , <i>Pisum sativum</i> y <i>Hordeum vulgare</i> con aglutinantes naturales, Dos de Mayo, Huánuco – 2020.											
Responsables		-Caballero Melgarejo, Kelly Eleoteria - Lara Lumba, Sheyli Ivonne											
Asesor		Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales											
Lugar		Fecha						Hora					
Muestras	Características físico - químicas										Energía	Característica mecánica	Combustión de pellets
Codificación	Temperatura de extracto	Potencial de hidrogeno	Conductividad eléctrica	Potencial redox	Humedad	Materia volátil	Ceniza	Carbono Fijo	Densidad	Temperatura de secado	Poder Calorífico	Resistencia a la compresión	Tiempo de ebullición del agua (wáter boiling test)
Indicadores	°C	1 - 14	µS/cm	mV	%	%	%	%	g/cm ³	°C	Kcal/Kg	Kg/cm ²	min
HA + AY													
AR + AY													
CE + AY													
HA + CPE													
AR + CPE													
CE + CPE													


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro,
 CIP. 71998
 ORCID ID: 0000-0003-1504-2089
 Scopus ID de autor: 57216176765
 Web of Science Researcher ID: AAI-8644-2020


 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275


 Mg. Ing. Fiorella Vanessa Güere Salazar
 Docente
 CIP: 131344


 Dr. Carlos Francisco Cabrera Carranza
 DNI.17402784
 CIP.46572

Anexo 3. Validación de instrumentos

SOLICITUD: Validación de instrumento de recojo de información.

Dr. BENITES ALFARO, ELMER

Yo Kelly Eleoteria Caballero Melgarejo y Sheyli Ivonne Lara Lumba identificado con DNI No 75921776 y 74618670 respectivamente; alumnas de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: **“Pellets ecológicos utilizando residuos de trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* con aglutinantes naturales, Dos de Mayo, Huánuco – 2020**, solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 10 de noviembre del 2020



Caballero Melgarejo, Kelly Eleoteria
D.N.I. 75921776



Lara Lumba, Sheyli Ivonne
D.N.I. 74618670

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. BENITES ALFARO, ELMER**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Dr. Ing. Químico, Ambiental y Meteorológico**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis inicial inmediato de biomasas y aglutinantes**
- 1.5. Autoras del Instrumento: **Caballero Melgarejo Kelly Eleoteria y Lara Lumba Sheyli Ivonne**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95%

Lima, 10 de noviembre del 2020


Dr. Elmer G. Benites Alfaro,
CIP. 71998
 ORCID ID: 0000-0003-1504-2089
 Scopus ID de autor: 57216176765
 Web of Science Researcher ID: AAI-8644-2020

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. BENITES ALFARO, ELMER**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Dr. Ing. Químico, Ambiental y Meteorológico**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Control de la composición de pellets**
- 1.5. Autoras del Instrumento: **Caballero Melgarejo Kelly Eleoteria y Lara Lumba Sheyli Ivonne**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95%

Lima, 10 de noviembre del 2020



Dr. Elmer G. Benites Alfaro,
 CIP. 71998
 ORCID ID: 0000-0003-1504-2089
 Scopus ID de autor: 57216176765
 Web of Science Researcher ID: AAI-8644-2020

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. BENITES ALFARO, ELMER**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Dr. Ing. Químico, Ambiental y Meteorológico**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis general de los pellets ecológicos**
- 1.5. Autoras del Instrumento: **Caballero Melgarejo Kelly Eleoteria y Lara Lumba Sheyli Ivonne**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95%

Lima, 10 de noviembre del 2020


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro,
 CIP. 71998
 ORCID iD: 0000-0003-1504-2089
 Scopus ID de autor: 57216176765
 Web of Science Researcher ID: AAI-8644-2020

SOLICITUD: Validación de instrumento de recojo de información.

Mg. Ing. GUERE SALAZAR, FIORELLA VANESSA

Yo Kelly Eleoteria Caballero Melgarejo y Sheyli Ivonne Lara Lumba identificado con DNI No 75921776 y 74618670 respectivamente; alumnas de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: **“Pellets ecológicos utilizando residuos de trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* con aglutinantes naturales, Dos de Mayo, Huánuco – 2020**, solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 10 de noviembre del 2020



Caballero Melgarejo, Kelly Eleoteria
D.N.I. 75921776



Lara Lumba, Sheyli Ivonne
D.N.I. 74618670

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Mg. Ing. GUERE SALAZAR, FIORELLA VANESSA**
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV**
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Gestión Ambiental**
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis inicial inmediato de biomasas y aglutinantes**
 1.5 Autoras del Instrumento: **Caballero Melgarejo Kelly Eleoteria y Lara Lumba Sheyli Ivonne**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95%

Lima, 10 de noviembre del 2020



Mg. Ing. Fiorella Vanessa Güere Salazar
 Docente
 CIP:131344

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Mg. Ing. GUERE SALAZAR, FIORELLA VANESSA**
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV**
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Gestión Ambiental**
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Control de la composición de pellets**
 1.5 Autoras del Instrumento: **Caballero Melgarejo Kelly Eleoteria y Lara Lumba Sheyli Ivonne**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90%

Lima, 10 de noviembre del 2020



Mg. Ing. Fiorella Vanessa Güere Salazar
 Docente
 CIP:131344

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Mg. Ing. GUERE SALAZAR, FIORELLA VANESSA**
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV**
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Gestión Ambiental**
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis general de los pellets ecológicos**
 1.5 Autoras del Instrumento: **Caballero Melgarejo Kelly Eleoteria y Lara Lumba Sheyli Ivonne**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95%

Lima, 10 de noviembre del 2020



Mg. Ing. Fiorella Vanessa Güere Salazar
 Docente
 CIP:131344

SOLICITUD: Validación de instrumento de recojo de información.

Dr. CABRERA CARRANZA, CARLOS FRANCISCO

Yo Kelly Eleoteria Caballero Melgarejo y Sheyli Ivonne Lara Lumba identificado con DNI No 75921776 y 74618670 respectivamente; alumnas de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

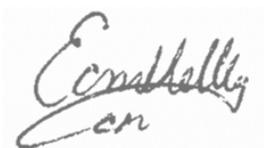
Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: **“Pellets ecológicos utilizando residuos de trilla de *Vicia faba*, *Pisum sativum* y *Hordeum vulgare* con aglutinantes naturales, Dos de Mayo, Huánuco – 2020”**, solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 10 de noviembre del 2020



Caballero Melgarejo, Kelly Eleoteria

D.N.I. 75921776



Lara Lumba, Sheyli Ivonne

D.N.I. 74618670

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. CABRERA CARRANZA, CARLOS FRANCISCO**
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Ingeniero Industrial**
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis inicial inmediato de biomasas y aglutinantes**
 1.5 Autoras del Instrumento: **Caballero Melgarejo Kelly Eleoteria y Lara Lumba Sheyli Ivonne**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

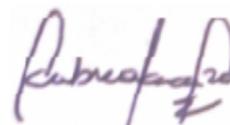
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90%

Lima, 10 de noviembre del 2020



Dr. Carlos Francisco Cabrera Carranza
 DNI.17402784
 CIP.46572

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. CABRERA CARRANZA, CARLOS FRANCISCO**
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Ingeniero Industrial**
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Control de la composición de pellets**
 1.5 Autoras del Instrumento: **Caballero Melgarejo Kelly Eleoteria y Lara Lumba Sheyli Ivonne**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

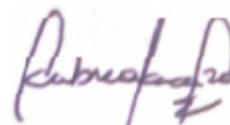
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90%

Lima, 10 de noviembre del 2020



Dr. Carlos Francisco Cabrera Carranza
 DNI.17402784
 CIP.46572

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. CABRERA CARRANZA, CARLOS FRANCISCO**
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Ingeniero Industrial**
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis general de los pellets ecológicos**
 1.5 Autoras del Instrumento: **Caballero Melgarejo Kelly Eleoteria y Lara Lumba Sheyli Ivonne**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

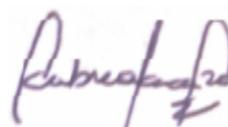
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90%

Lima, 10 de noviembre del 2020



Dr. Carlos Francisco Cabrera Carranza
 DNI.17402784
 CIP.46572

SOLICITUD: Validación de instrumento de recojo de información.

Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO

Yo Kelly Eleoteria Caballero Melgarejo y Sheyli Ivonne Lara Lumba identificado con DNI No 75921776 y 74618670 respectivamente; alumnas de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

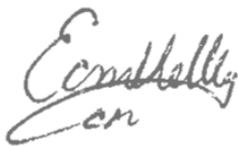
Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: "**Pellets ecológicos utilizando residuos de trilla de *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum* y *Vicia faba* con aglutinantes naturales, Dos de Mayo, Huánuco – 2020**", solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 10 de noviembre del 2020



Caballero Melgarejo, Kelly Eleoteria

D.N.I. 75921776



Lara Lumba, Sheyli Ivonne

D.N.I. 74618670

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis inicial inmediato de biomasas y aglutinantes**
 1.5 Autoras del Instrumento: **Caballero Melgarejo Kelly Eleoteria y Lara Lumba Sheyli Ivonne**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90%

Lima, 10 de noviembre del 2020


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Control de la composición de pellets**
 1.5 Autoras del Instrumento: **Caballero Melgarejo Kelly Eleoteria y Lara Lumba Sheyli Ivonne**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90%

Lima, 10 de noviembre del 2020


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis general de los pellets ecológicos**
 1.5 Autoras del Instrumento: **Caballero Melgarejo Kelly Eleotera y Lara Lumba Sheyli Ivonne**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

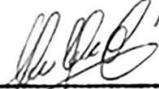
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90%

Lima, 10 de noviembre del 2020


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275

Anexo 4. Certificados de análisis



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Caracterización inicial de biomásas arveja, cebada, y habas

Solicitado por: Caballero Melgarejo, Kelly Eleoteria

Procedencia de la Muestra: Dos de Mayo - Huánuco

Recepción de la Muestra: 23/setiembre/2020

Código	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno Acido / base	Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	Potencial redox mV	Densidad Aparente (gr/cm^3)
CI- BAR	20.7	5.71	3004	110	0.157
CI- BCE	20.7	5.77	1540	80	0.126
CI- BHA	20.7	5.49	3980	115	0.222
CI- AY	20.7	6.46	645	61	0.235
CI- CP	20.7	5.46	1260	68	0.215

Código	Humedad %	Materia Volátil %	Cenizas %	Carbono fijo %	Poder calorífico KCal/Kg
CI- DAR	11.65	83.61	4.11	12.28	11,040.16
CI- DCE	9.87	89.38	10.61	0.01	10,726.54
CI- DHA	14.89	76.55	4.25	19.2	10,760.40
CI- HCY	40.87	9.74	0.04	90.22	8,566.64
CI-HCP	47.116	47.83	3.70	48.47	9,790.94

Análisis granulométrico cascara de Cebada

Malla N°	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	%Acumulado	
				+retenido	-pasa
					100
N°5	4.00	1.492	3.4975035	3.4975	96.5025
N°10	2.00	10.654	24.974800	28.4723	71.5277
N°20	0.850	15.516	36.372160	64.8445	35.1555
N°30	0.600	6.118	14.341639	79.1861	20.8139
N°45	0.355	3.345	7.841253	87.0274	12.9726
N°-45	-0.355	5.534	12.972644	100	0.00
		42.847	100		

Método Potenciometrico, Método ASTM D2216, D3175, D5142, D3272, D5865, D422.

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú

Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245

e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Análisis granulométrico cascara de Arveja

Malla N°	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	%Acumulado	
				+retenido	-pasa
					100
N°5	4.00	1.714	4.0886429	4.0886	95.9114
N°10	2.00	6.659	15.884640	19.9733	80.0267
N°20	0.850	14.649	34.944300	54.9176	45.0824
N°30	0.600	5.633	13.437179	68.3548	31.6452
N°45	0.355	4.010	9.565612	77.9204	22.0796
N°-45	-0.355	9.256	22.079626	100	0.00
		41.921	100		

Análisis granulométrico cascara de Habas

Malla N°	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido	%Acumulado	
				+retenido	-pasa
					100
N°5	4.00	2.434	4.3321942	4.3322	95.6678
N°10	2.00	19.171	34.121814	38.4540	61.5460
N°20	0.850	16.983	30.227467	68.6815	31.3185
N°30	0.600	6.635	11.809412	80.4909	19.5091
N°45	0.355	3.660	6.514310	87.0052	12.9948
N°-45	-0.355	7.301	12.994803	100	0.00
		56.184	100		

Método ASTM D422

Lima, 01 de Octubre del 2020


MSc. Atilio Mendoza Apolaya
Jefe lab. Espectrometría



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú

Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245

e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Pellets de cascara de arveja, cascara de cebada y cascara de habas
+aglutinantes

Solicitado por: Caballero Melgarejo, Kelly Eleoteria

Procedencia de la Muestra: Dos de Mayo - Huánuco

Recepción de la Muestra: 26/Octubre/2020

Código	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno Acido / base	Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	Potencial redox mV
HA + CPE	20.80	5.92	1613	25
AR + CPE	20.8	6.93	1578	55
CE + CPE	20.8	7.21	1235	102

Código	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno Acido / base	Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	Potencial redox mV
HA + AY	20.00	8.00	3650	130
AR + AY	20.00	7.68	2750	112
CE + AY	20.00	7.98	2200	118

Código	Humedad %	Materia Volátil %	Cenizas %	Carbono fijo %	Poder calorífico kcal/kg
HA + CPE	56.59	92.9971	5.7613	1.2416	11261.4632
AR + CPE	59.73	90.0621	4.9107	5.0272	11219.6824
CE + CPE	65.69	87.1680	6.9767	5.8553	10940.2946

Código	Humedad %	Materia Volátil %	Cenizas %	Carbono fijo %	Poder calorífico kcal/kg
HA + CAY	69.23	90.5889	1.3129	8.0982	11534.7204
AR + CAY	72.89	88.6852	3.1152	8.1996	11314.5912
CE + CAY	71.52	85.0857	1.1633	13.7510	11337.866

Método potenciométrico, Métodos ASTM, D2216, D3175, D5142, D3172, D5865.

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú

Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245

e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Densidad del pellets Almidón de yuca	Densidad del pellets gr/cm ³	Densidad de pellets de cascara de pecana	Densidad del pellets gr/cm ³
HA+ AY	0.812	HA+ CP	1.1062
HA+ AY	0.751	HA+ CP	1.1345
HA+ AY	0.837	HA+ CP	1.1426
HA+AY	0.840	HA+CP	1.0470
PROMEDIO	0.810	PROMEDIO	1.1075
AR+AY	1.128	AR+CP	1.1627
AR+AY	0.908	AR+CP	1.1908
AR+AY	1.041	AR+CP	1.1568
AR+AY	0.962	AR+CP	1.1637
PROMEDIO	1.009	PROMEDIO	1.168
CE+AY	1.357	CE+CP	1.0620
CE+AY	1.200	CE+CP	1.1995
CE+AY	1.245	CE+CP	1.1746
CE+AY	1.362	CE+CP	1.0712
PROMEDIO	1.299	PROMEDIO	1.1268

Código	Peso de biomasa gr	Peso de ceniza (gr)	Humedad de combustión %
HA+AY	250	9.235	9.4
AR+AY	250	11.631	11.3
CE+AY	250	15.164	15.4
CASCARA DE PECANA			
HA+CP	250	12.119	11.8
AR+CP	250	12.863	12.5
CE+CP	250	11.068	15.4

Método del cilindro biselado, Método ASTM D2216

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Prueba mecánica de resistencia – almidón de yuca + biomasa

Código	Fuerza kg	Área del cilindro cm ²	Resistencia kg/cm ²
HA+AY	0	0	0
	0.456	16.73	0.0273
	0.489	16.73	0.0292
	0.504	16.73	0.0301
AR+AY	0	0	0
	0.582	16.40	0.0355
	1.015	16.40	0.0619
	1.427	16.40	0.087
CE+AY	0	0	0
	0.527	16.40	0.0321
	1.237	16.40	0.0754
	2.709	16.40	0.0165

Tiempo de ebullición del agua

HA + AY			AR + AY			CE + AY		
Tiempo (min)	T° H2O (°C)	T° Biomasa (°C)	Tiempo (min)	T° H2O (°C)	T° Biomasa (°C)	Tiempo (min)	T° H2O (°C)	T° Biomasa (°C)
0	21.2	21.4	0	21.2	21.4	0	21.2	21.4
5	86.7	337	5	74	244	5	79	106
6	100	402.5	8	100	308	10	100	274
10	55	405.5	10	27.4	395	15	72.5	304
14	100	381	15	84	372	20	100	417
15	21.2	375	20	100	304.6	25	64	258
20	57.7	355	25	92	253	30	74.5	81.5

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Prueba mecánica de resistencia – cascara de pecana+biomasa

Código	Fuerza kg	Área del cilindro cm ²	Resistencia Kg/cm ²
HA+CP	0	0	0
	1.723	15.31	0.11
	2.100	15.31	0.11
	2.858	15.31	0.14
AR+CP	0	0	
	1.818	15.86	0.11
	2.912	15.86	0.18
	3.294	15.86	0.21
CE+CP	0	0	
	1.604	16.29	0.10
	2.503	16.29	0.15
	2.838	16.29	0.17

HA + CPE			AR + CPE			CE + CPE		
Tiempo (min)	T° H2O (°C)	T° Biomasa (°C)	Tiempo (min)	T° H2O (°C)	T° Biomasa (°C)	Tiempo (min)	T° H2O (°C)	T° Biomasa (°C)
0	21.2	21.4	0	21.2	21.4	0	21.2	21.4
5	75.5	326	5	62	122.5	5	73	162
7	100	434	9	100	285	10	92	275
10	49.3	440	10	24	297	11	100	332
15	100	358	15	78	396	15	58.1	355
20	49.7	337	20	100	285	20	90.7	262
25	40.5	195	25	61	149	25	60.2	123

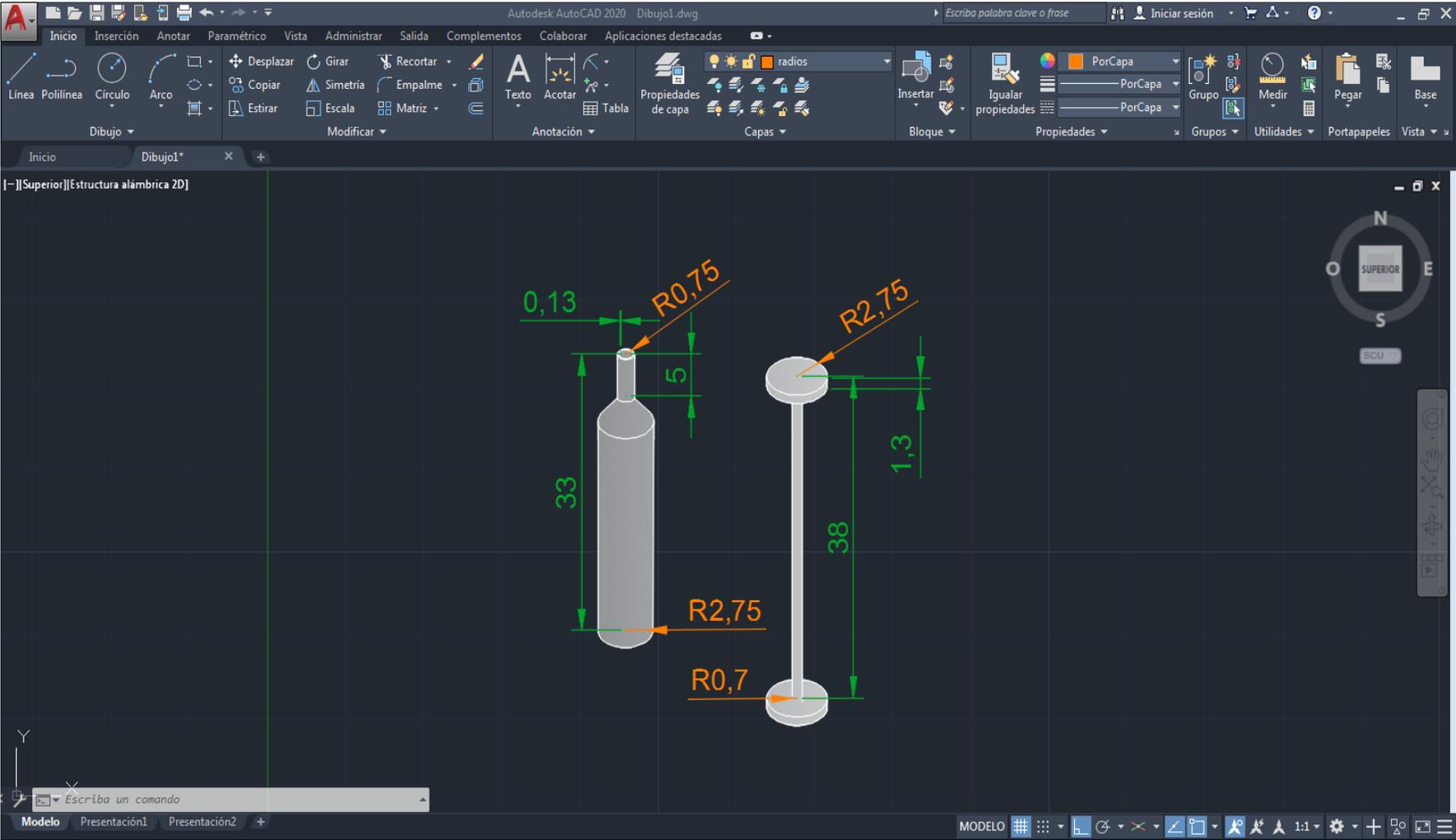
Lima, 23 de Noviembre del 2020


MSc. Atilio Mendoza Apolaya
Jefe lab. Espectrometría



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

Anexo 5. Diseño del molde en AutoCAD



Anexo 6. Captura de pantalla del Turnitin

ev.turnitin.com/app/carta/es/?u=1073682448&lang=es&BDS=1&s=&o=1458969904&student_user=1

feedback studio Kelly Caballero Melgarejo Pellets ecológicos utilizando residuos de la trilla del cereal y legumbres con agluti...

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Título de la Tesis
Pellets ecológicos utilizando residuos de trilla de *Hordeum vulgare*,
Pisum sativum y *Vicia faba* con aglutinantes naturales. Dos de Mayo,
Huánuco – 2020

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA AMBIENTAL

AUTORAS:
Caballero Melgarejo, Kelly Eleotaria (ORCID: 0000-0003-0415-6072)
Lara Lumba, Sheyí Ivonne (ORCID: 0000-0002-3541-1366)

ASESOR:
Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales (ORCID: 0000-0003-1504-2089)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA – PERÚ
2020

Resumen de coincidencias ✕
5 %
ver fuentes en inglés (beta)
Coincidencias

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2 %	>
2	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %	>
3	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 %	>
4	Entregado a CONACYT Trabajo del estudiante	<1 %	>
5	repositorio.uwiener.edu... Fuente de Internet	<1 %	>
6	moam.info Fuente de Internet	<1 %	>

Activar Windows