

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“OBTENCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE SÓLIDO DE SEGUNDA
GENERACIÓN A PARTIR DE TALLOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*
Willd) Y HOJAS DE EUCALIPTO (*Eucalyptus globulus* Labill), CON MÁXIMA
POTENCIA CALORÍFICA”**

TESIS

PRESENTADA POR:

ANAMELBA BALTAZAR LAURA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO - PERÚ

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

“OBTENCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE SÓLIDO DE SEGUNDA
GENERACIÓN A PARTIR DE TALLOS DE QUINUA
(*Chenopodium quinoa* Willd) Y HOJAS DE EUCALIPTO (*Eucalyptus
globulus* Labill), CON MÁXIMA POTENCIA CALORÍFICA”

TESIS

PRESENTADA POR:

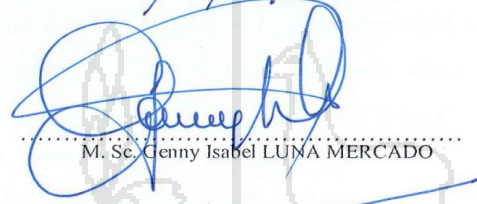
ANAMELBA BALTAZAR LAURA
PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE :


M. Sc. Pablo PARTHUJARCAYA

PRIMER MIEMBRO :


M. Sc. Genny Isabel LUNA MERCADO

SEGUNDO MIEMBRO :


Ing. Raúl Ivón PAUCARA RAMOS

DIRECTOR DE TESIS :


M. Sc. Lizandro Gilberto FERNÁNDEZ CASTRO

ASESOR DE TESIS :


M.Sc. Elizabeth HUANATICO SUÁREZ

Área: Ingeniería y tecnología

Tema: Seguridad, gestión y control en agroindustrias



DEDICATORIA

Con el más puro amor y respeto a mis padres Hugo Cleiver y Juana Lucrecia, a mi esposo Rubén Fitzgerald, a mis hijos Jhonatan Cleiver, David Nathanael y Tabita Laura Jemima, por ser el aliciente constante en el sendero del aprendizaje y por compartir conmigo cada día aquellas cosas invaluable e imperecederas, que me enriquecen y hacen de mi un ser inmensamente feliz y afortunado en un mundo resquebrajado pero que aún conserva la ley del amor como la ley de la vida, donde la hoja del bosque y la humilde brizna tienen su utilidad; donde las flores exhalan fragancia y ostentan su belleza para el beneficio del mundo... donde el océano, origen de todos nuestros manantiales y fuentes, recibe las corrientes de todas las tierras, pero recibe para dar, y las neblinas que ascienden de su seno, riegan la tierra, para que produzca y florezca.

AGRADECIMIENTOS

"Al Dios Creador de los Cielos, la Tierra y el Mar, y de todo lo que en ellos hay; al Dios de lo Imposible y Dios de Justicia e Infinitamente Misericordioso, por abrir aquellas puertas que el hombre cierra sin su consentimiento, pero que éste no puede abrir las que Él cierra y por ser la razón de mi existencia en el diario vivir"

- A mis Maestros, hoy Amigos y Consejeros por su trato abierto y sincero, siempre necesarios en el camino de la superación; en especial: al M. Sc. Lizandro Gilberto Fernández Castro, a la M. Sc. Elizabeth Huanatico Suárez y al Jurado revisor por la dirección en el desarrollo del trabajo y culminación del mismo.
- Al M. Sc. Roger Segura Peña (†), por el encaminamiento inicial y alcances futuros de esta investigación
- A mis hermanos Keyla y Moisés Ángel, por su consideración cálida y ayuda directa en el desarrollo del proyecto.
- A mis amigos Nelly y Yuri, por el tiempo invertido y compartido hasta el logro de la meta final. ¡Gracias!
- Al Personal de los Laboratorios y Bibliotecas de la Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial y Facultad de Ciencias Agrarias por las facilidades brindadas para la ejecución del presente trabajo de investigación.

- A **Richard Stanley** y **The Foundation Legacy**, por su interés y seguimiento a la aplicación de una tecnología que proporciona y extiende a quien lo requiera, sin importar las barreras presentes.



INDICE

INDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

RESÚMEN

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Biomasa	4
2.2 Biomasa tradicional	4
2.3 Biomasa forestal	4
2.4 Bioenergía.....	4
2.5 Biocombustibles	5
2.5.1 Clasificación de Biocombustibles.....	5
2.5.1.1 Biocombustibles de Primera Generación	6
2.5.1.2 Biocombustibles de Segunda Generación	6
2.5.1.3 Biocombustible de Tercera Generación	7
2.5.2 Propiedades de los Biocombustibles Sólidos de Segunda Generación	8
2.5.2.1 Humedad	8
2.5.2.2 Contenido Energético	8
2.5.2.3 Masa, Volumen y Densidad	9
2.5.2.4 Granulometría	9
2.5.2.5 Ceniza.....	9
2.5.3 Potencia Calorífica.....	10
2.6 Análisis para Determinación y Caracterización Química de la Biomasa para Biocombustibles Sólidos de Segunda Generación	10
2.7 Descripción de la Materia Prima para Biocombustibles de Segunda Generación.....	11
2.7.1 Tallo de Quinoa	11

2.7.1.1 Estructura primaria.....	11
2.7.1.2 Producción de Tallos de Quinoa	12
2.7.2 Hojas de Eucalipto.....	13
2.7.2.1 Producción y Oferta de Eucalipto	14
2.8 Tecnologías de Densificación de Biocombustibles Sólidos de Segunda Generación.....	14
2.8.1 Tecnología de Pirolización.....	14
2.8.2 Tecnología de Extrusión Directa.....	14
2.8.3 Tecnología Húmeda.....	15
2.9 Proceso de Obtención de Biocombustibles Sólidos de Segunda Generación....	15
2.9.1 Organización del Equipo	15
2.9.2 Recogida de los materiales	15
2.9.3 Procesamiento de los Materiales	15
2.9.4 Compactación del biocombustible sólido de segunda generación	15
2.9.5 Secado y Almacenamiento	16
2.10 Ventajas de los Biocombustibles Sólidos de Segunda Generación.....	16
2.11 El Biocombustible Sólido de Segunda Generación, el Medio Ambiente y la Salud	17
2.12 La Prueba del Agua Hirviendo	18
2.12.1 Hervido en Frío (cold-start high-power phase)	18
2.12.2 Hervido en Caliente (hot-start high-power phase).....	18
2.12.3 Hervido a Baja Potencia (simmer phase).....	18
2.13 Combustión.....	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1 Lugar de Ejecución.....	21
3.2 Materiales, Equipos y Reactivos.....	21
3.2.1 Materiales	21
3.2.2 Equipos y Reactivos	21

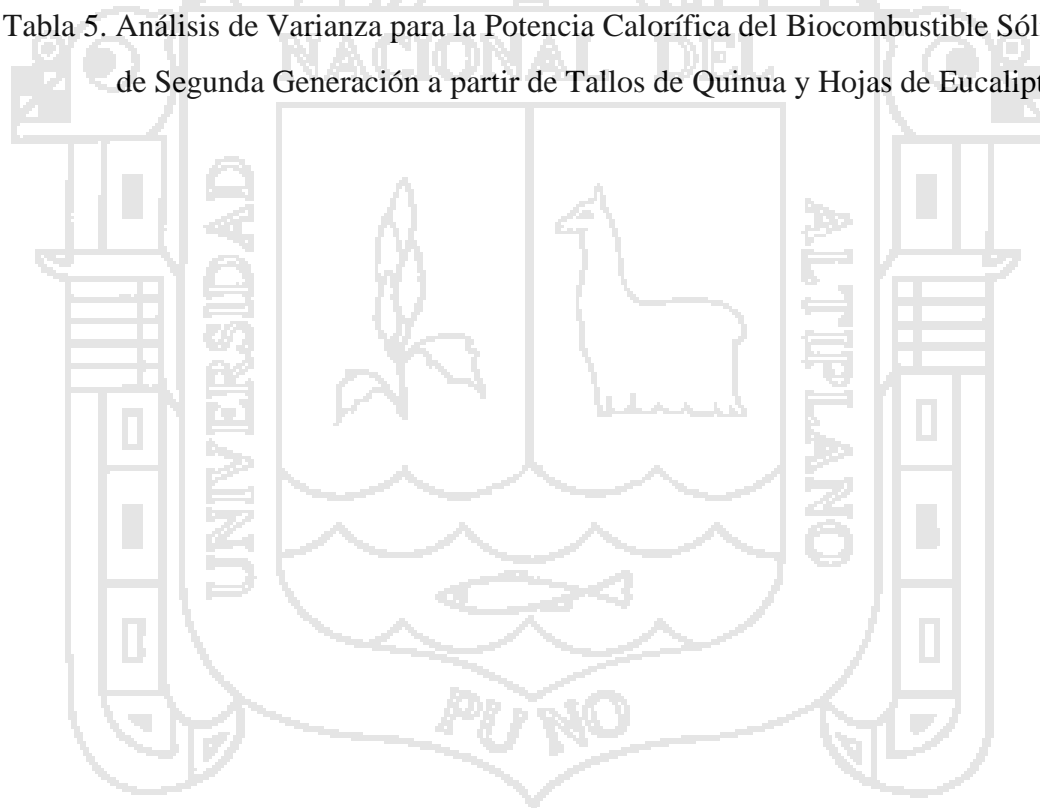
3.3 Metodología Experimental	23
3.3.1 Descripción del Método y Proceso para la Obtención del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto.....	23
3.3.2 Factores de estudio	24
3.3.2.1 Para el Primer Objetivo:.....	24
3.3.2.2 Para el Segundo Objetivo:.....	25
3.3.2.3 Para el Tercer Objetivo:	25
3.4 Diseño Estadístico	26
3.5 Metodología de Análisis	27
3.5.1 Determinación de las Propiedades Químicas de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto.....	27
3.5.1.1 Determinación de Contenido de Celulosa y Lignina	27
3.5.1.2 Determinación de Contenido de Humedad	29
3.5.1.3 Determinación del Contenido de Cenizas	30
3.5.1.4 Determinación de Grasa.....	31
3.5.2 Determinación de la Potencia Calorífica y Mezcla Óptima del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto.....	32
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	34
4.1 De la Determinación de las Propiedades Químicas de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto.....	34
4.2 De la Determinación de la Potencia Calorífica de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto.....	36
4.3 De la Determinación de la Mezcla - Proporción Óptima y Potencia Calorífica del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto.....	37
4.3.1 De la Densidad del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto	37

4.3.2 De la Humedad del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto.....	40
4.3.3 De la Determinación de la Potencia Calorífica y Mezcla Óptima del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto.....	42
CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES.....	2
BIBLIOGRAFÍA.....	3
ANEXOS	



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis Proximal de Broza y Jipi.....	13
Tabla 2. Ensayo de Humedad, Cenizas, Celulosa, Lignina y Grasa de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto.....	34
Tabla 3. Análisis de Varianza para Densidad de Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto.....	38
Tabla 4. Análisis de Varianza para el Contenido de Humedad del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto.....	41
Tabla 5. Análisis de Varianza para la Potencia Calorífica del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto....	44



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma para la Obtención de Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto.....	23
Figura 2. Potencia Calorífica de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto.....	37
Figura 3. Análisis Integral de la Potencia Calorífica del Biocombustible Sólido de Segunda generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto.....	45



RESÚMEN

La presente investigación experimental en su fase inicial se realizó en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano de la ciudad de Puno, la segunda fase se realizó en los talleres implementados para este fin de la empresa Expert, Consultoría, Proyectos y Supervisión S.A.C. en la ciudad de Juliaca; implementándose este proyecto desde Enero del 2014 hasta Noviembre del 2015. Tuvo como objetivo principal la obtención de un biocombustible sólido de segunda generación con máxima potencia calorífica a partir de tallos de quinua y hojas de eucalipto que sea una alternativa de combustible para satisfacer las necesidades energéticas de los habitantes de nuestra región Puno; mediante análisis fisicoquímico por el Método AOAC, 2005 se determinaron los contenidos de celulosa, lignina, humedad, cenizas y grasa de los tallos de quinua y hojas de eucalipto. A través de la prueba de ebullición (WBT) se simuló un proceso de cocción de alimentos en su primera fase, para luego determinar la potencia calorífica de los tallos de quinua y de las hojas de eucalipto y finalmente determinar la potencia calorífica del biocombustible sólido de segunda generación obtenido de esos materiales y la mezcla óptima, con la aplicación de un arreglo factorial de 3^3 , con 27 tratamientos conducido bajo 3 repeticiones, haciendo un total de 81 unidades experimentales. Los resultados obtenidos de las Características Químicas de los Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto fueron: Contenido de Ceniza 4,83 y 10,11 %, Grasa 1,88 y 11,29 %, Lignina 30,36 y 15,32 %, Celulosa 63,26 y 31,23 % y Humedad 10,5 y 10,03 %, respectivamente; la Potencia Calorífica: de los Tallos de Quinua fue de 62,61 kcal/s y 65,45 kcal/s para las Hojas de Eucalipto. La Potencia Calorífica desarrollada por el Biocombustible Sólido de Segunda Generación obtenida a partir de Tallos de quinua y Hojas de Eucalipto mediante la Tecnología de Densificación Húmeda fue de 135,34 kcal/s.

Palabras clave: Biocombustible sólido de segunda generación, prueba del agua hirviendo, potencia calorífica.

I. INTRODUCCIÓN

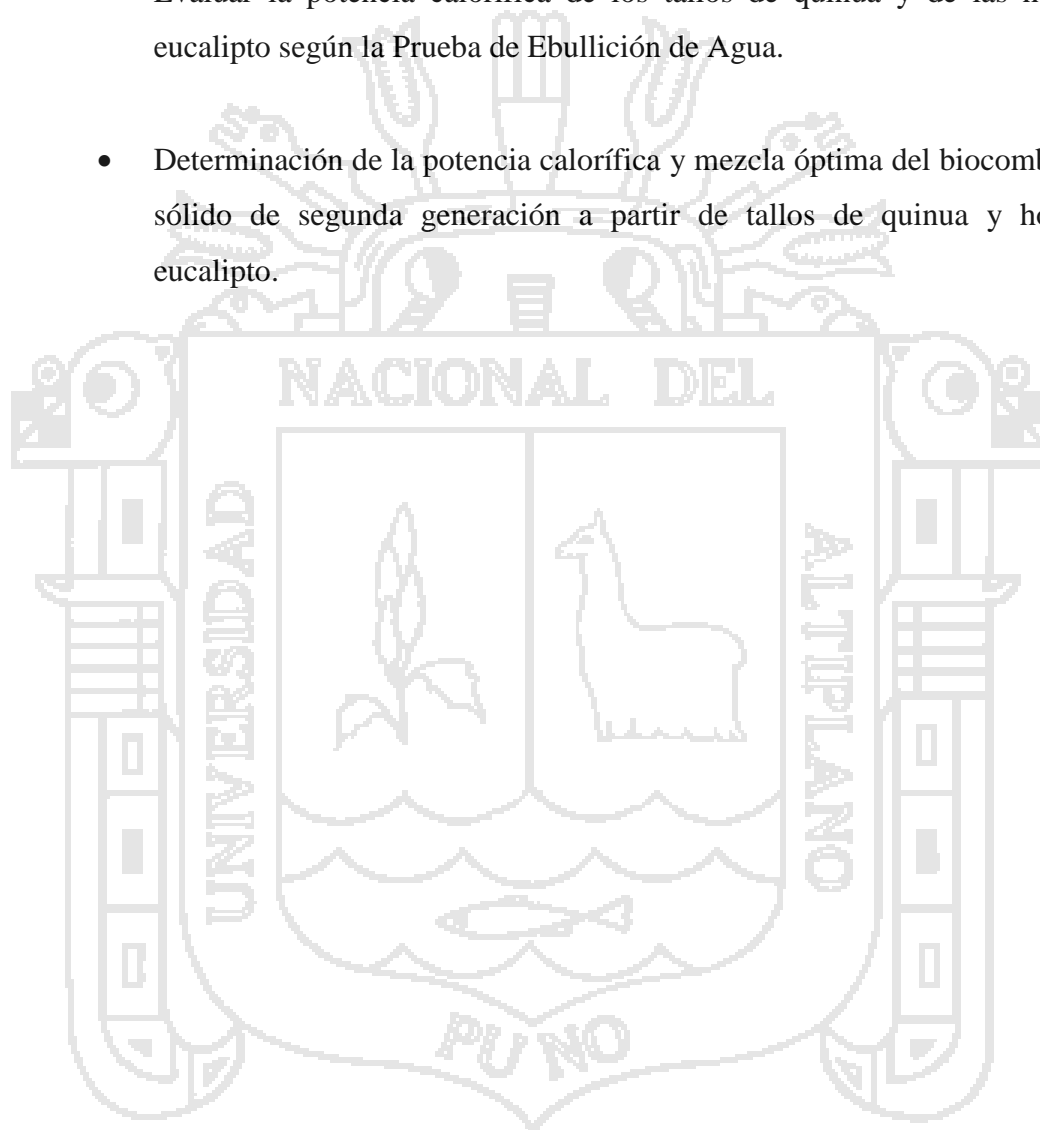
El Perú, como un país ecológicamente complejo y dentro del grupo de los diez países de mayor diversidad biológica del mundo, expresado a través de ecosistemas, especies y recursos genéticos muy variados, que coexisten con pueblos originarios que han desarrollado una importante diversidad cultural; enfrenta en la actualidad serios problemas ambientales como nación, las mismas que se agravarán con el Cambio Climático (problemas ambientales que incluyen la degradación de sus recursos naturales, deforestación, desertificación, pérdida de tierras con aptitud agrícola, pérdida de bosques, plantas nativas y fauna, reducción del recurso hídrico y degradación del ecosistema); más en territorios donde se conjugan el aprovechamiento de los recursos naturales y las expectativas de las poblaciones rurales con elevados signos de exclusión social y económica por conseguir beneficios concretos y mejorar sus condiciones de vida; como la Región Puno donde las brechas sociales permanecen según el Índice de Competitividad Regional (IPE, 2015), en cuyo análisis de las 47 variables que realiza, Puno se mantiene entre las tres peores regiones del Perú, resaltando altos niveles de empleo informal (82%), morbilidad en la población (77.7%), mortalidad infantil (44%) déficit de cobertura continua de agua en red pública (89.2%), conflictos sociales (22), anemia (en 8 de cada 10 niños), alcanzando en algunos distritos hasta 70% en menores de 5 años, según la DIRESA (Dirección Regional de Salud) Puno o el CEPES (Observatorio de Seguridad Alimentaria del Centro Peruano de Estudios Sociales) todos estos índices están íntimamente ligados al 32.8% de pobreza a Diciembre del 2015 (Instituto Cuanto, 2015), en una población donde el 50.3% es rural según el Departamento de Estudios Económicos Sucursal Puno del BCRP a Octubre del 2015. Este panorama permite entre otras la insatisfacción de las necesidades básicas como la energía para la preparación de alimentos o calefacción, que cada día es más difícil de suplir, además de jugar un papel importante en la continuación de la vida del hombre del altiplano puneño, razón por la cual recurre a la biomasa como fuente alternativa de energía siendo la leña, la bosta y toda vegetación su principal componente y en muy pequeña escala los residuos agrícolas, actividad forzada que conlleva resultados funestos para la población de la Región Puno; según lo demuestra el Instituto de Estudios Internacionales de la Pontificia Universidad Católica del Perú que determinó que a partir del 2001 en Puno se tenían ya 20 000 has deforestadas por actividades como el narcotráfico, la minería informal y el comercio ilegal de recursos forestales.

Es imposible negar la creciente escasez de los combustibles fósiles y el daño ambiental que producen su explotación y utilización; así como la grave situación en la que se encuentran miles de personas pertenecientes a la población rural de Puno debido a las restricciones económicas que limitan sus posibilidades de adquirirlos. Los estudios epidemiológicos efectuados tanto en poblaciones de zonas rurales como de zonas periurbanas, determinan como factores de riesgo significativo que influyen en la presencia de Infecciones Respiratorias Agudas (IRA's), al hacinamiento, al combustible que se usa para cocinar y a la nutrición. De igual manera el Sub Programa de Control de la Infección Respiratoria Aguda del Programa de Salud Mujer y Niño del Ministerio de Salud, señala que dicho factores son condicionantes de las infecciones respiratoria agudas, por lo que debe trabajarse en las medidas preventivas para eliminar o disminuir estos factores de riesgo y que de acuerdo con las cifras de la Organización Mundial de la Salud y el Banco Mundial es responsable de aproximadamente 1 849 000 muertes cada año en los países en desarrollo y que 400 millones de niños y 700 millones de mujeres están expuestos a severas condiciones por la exposición a la contaminación por el uso de biomasa no elaborado para cocinar y calentarse, respectivamente.

Esta realidad exige que tanto la conservación y el manejo de los recursos naturales y ambientales de que disponemos, como la Agroindustria de Puno investigue y provea alternativas eficientes, que se constituyan en componente fundamental de las propuestas de desarrollo sostenible para Puno. En este trabajo de investigación se ha estudiado la obtención de un material energético llamado biocombustible sólido de segunda generación mediante la tecnología de densificación húmeda, que permite el aprovechamiento de residuos agrícolas y/o forestales desestimados en su uso por el desconocimiento de las bondades energéticas que encierran; pero que valorados pueden constituirse en una importante fuente de divisas y de empleos debido a la creciente demanda nacional e internacional que hoy tienen los productos naturales y ecológicos, mejorando así las condiciones de vida de los pobladores locales mediante su incorporación en las actividades de conservación de la diversidad biológica.

Para ello se plantearon los siguientes objetivos:

- Caracterizar las propiedades químicas de los tallos de quinua y las hojas de eucalipto respecto a contenido de: Celulosa, Lignina, Ceniza, Humedad y Grasa.
- Evaluar la potencia calorífica de los tallos de quinua y de las hojas de eucalipto según la Prueba de Ebullición de Agua.
- Determinación de la potencia calorífica y mezcla óptima del biocombustible sólido de segunda generación a partir de tallos de quinua y hojas de eucalipto.



II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 BIOMASA

La biomasa abarca todo un conjunto heterogéneo de materias orgánicas, tanto por su origen como por su naturaleza. En el contexto energético, el término biomasa se emplea para denominar a una fuente de energía renovable basada en la utilización de la materia orgánica formada por vía biológica en un pasado inmediato o de los productos derivados de ésta. La biomasa tiene carácter de energía renovable ya que su contenido energético procede en última instancia de la energía solar fijada por los vegetales en el proceso fotosintético. Esta energía se libera al romper los enlaces de los compuestos orgánicos en el proceso de combustión, dando como productos finales dióxido de carbono y agua. (Fundación Energía sin Fronteras, 2012)

2.2 BIOMASA TRADICIONAL

Es la biomasa de baja eficiencia como la madera, la paja, el estiércol u otros tipos de abonos, utilizada para la cocina, la iluminación y la calefacción de interiores, generalmente en las poblaciones más pobres de los países en desarrollo. La mayor parte de esa biomasa es quemada, lo cual acarrea impactos negativos graves en la salud y las condiciones de vida. (IPCC, 2011)

2.3 BIOMASA FORESTAL

La biomasa forestal es la existente en los bosques, árboles, hojas, ramas, raíces, desechos madereros procedentes de zonas urbanas y los residuos madereros producidos en los aserraderos. (FAO, 2008)

2.4 BIOENERGÍA

Bioenergía se refiere a todos los tipos de energía derivados de los biocombustibles utilizados para producir energía; comprende tanto los cultivos destinados a producir energía que se cultivan específicamente, como las plantaciones polivalentes y los

subproductos (resíduos y desechos). El término subproductos incluye los subproductos sólidos, líquidos y gaseosos derivados de las actividades humanas. Se puede considerar a la biomasa como una forma de energía solar transformada. Comprende todas las formas de energía derivada de combustibles orgánicos (biocombustibles) de origen biológico utilizados para producir energía. La bioenergía, en particular aquella cuya fuente de aprovisionamiento está constituida por los residuos agrícolas de cosechas y la lignocelulosa, ofrece un rango de alternativas en las cuales es posible conciliar sistemas productivos o combinación de ellos para el mejoramiento de las condiciones de vida de los territorios rurales, a través del acceso a la energía y la creación de espacios y estilos de vida más saludables en estos territorios. (OLADE, 2012)

2.5 BIOCOMBUSTIBLES

Combustibles producidos, directa o indirectamente, a partir de biomasa. Pueden ser líquidos, sólidos o gaseosos. (Fundación Energía sin Fronteras, 2012)

Los productos procedentes de la biomasa que se utilizan para fines energéticos se denominan biocombustibles, pudiendo ser, según su estado físico, biocombustibles sólidos, en referencia a los que son utilizados básicamente para fines térmicos y eléctricos, y líquidos como sinónimo de los biocarburantes para automoción. Los biocombustibles son todos los combustibles que derivan de materias de origen biológico o biomasa. Los biocombustibles comprenden los combustibles leñosos, los agro-combustibles y los subproductos urbanos, y cada uno de estos grupos tiene sus formas y tamaño de presentación como combustible: sólido/densificado (briquetas, pellets), líquido (bioetanol, biodiesel, etc.) o gaseoso (biogás, etc.) para generar calor o electricidad. (FAO, 2008)

2.5.1 Clasificación de Biocombustibles

Considerando la materia prima y la tecnología de conversión los biocombustibles se clasifican en las siguientes generaciones:

2.5.1.1 Biocombustibles de Primera Generación

Por “biocombustible de primera generación” se conoce en general al etanol y el biodiesel producido a partir de cultivos anuales o plurianuales con un alto contenido de azúcar (como la remolacha azucarera, la caña de azúcar y el sorgo dulce) o de almidón (como el maíz, el trigo y la yuca) y el biodiesel de semillas oleaginosas (como la soja, el girasol, la colza o la palma) o de grasas animales y de aceites vegetales puros. (HLPE, 2013)

2.5.1.2 Biocombustibles de Segunda Generación

También llamados biocombustibles celulósicos, son producidos de materias-primas no alimentares como residuos agroindustriales y gramíneas forrajeras de alta producción de biomasa. Su producción es significativamente más compleja, si comparados a los de primera generación y todavía no son comercializados. Son clasificados según el proceso utilizado en la conversión de la biomasa: bioquímicos – producidos por hidrólisis enzimática, fermentación y termoquímicos – producidos por pirólisis, gasificación y síntesis de Fischer-Tropsch. Las tecnologías para una conversión de biomasa celulósica a biocombustibles son existentes, pero todavía no aplicadas en producción de gran escala. Se llama biocombustible celulósico al combustible renovable producido con base a cualquier celulosa, hemicelulosa o lignina, derivado de la biomasa renovable, y que logra una reducción de las emisiones de gases del efecto invernadero durante el ciclo de vida en un 60% por debajo del valor de referencia. (OLADE-IICA, 2010)

Tienen como su ventaja más relevante el menor nivel de impactos ambientales; son una fuente de energía renovable, ya que son una forma de energía solar transformada; un mayor rendimiento en combustible o energía por hectárea, debido a que es posible aprovechar el total de la biomasa no sólo el azúcar, almidón o aceite; aprovechamiento de residuos o desechos; reduce la emisión de CO₂; bajo nivel de emisiones; no compiten por la utilización de suelos agrícolas y aquí el hecho de sean recursos renovables y con potencial prácticamente inagotable al igual que su existencia en la región. Por lo tanto el desarrollo de biocombustibles de segunda generación ofrece

la oportunidad de usar más materias primas, de aprovechar suelos no aptos para cultivos alimentarios, de generar una mayor eficiencia de conversión. (UNESCO, 2010)

La obtención de briquetas ejemplifica el potencial de la tecnología apropiada; como fuente de energía puede compensar el consumo de árboles y evita problemas como la erosión del suelo y la desertificación, proporcionando una alternativa a la leña para calentarse y cocinar. Las briquetas son un combustible de biomasa procesada que puede ser quemado como una alternativa a la madera o el carbón para la energía de calor. (Stanley, 2003)

La calidad del producto resultante depende de la tecnología aplicada y sus procesos previos. Su ventaja principal desde el punto de vista ambiental, queda supeditada al gasto energético requerido por el conjunto del proceso, considerándolo desde la recolección de los materiales residuales (SEMA, 1999).

Se estima que, teniendo en cuenta los proyectos actualmente en curso, así como aquellos anunciados, el desarrollo de la capacidad de producción de biocombustibles lignocelulósicos podría ascender a 620 000 toneladas al año en 2018. (HLPE, 2013)

2.5.1.3 Biocombustible de Tercera Generación

Esta generación se basa en la utilización de cultivos energéticos especialmente diseñados o adaptados (a través de técnicas avanzadas de genética molecular, genómica y el diseño tradicional de cultivos transgénicos, etc.), a los efectos de obtener materias primas más eficientes para la conversión en biocombustibles y bioproductos. (IICA-ARPEL, 2009)

Para la producción de estos se buscan algas que contengan un alto contenido en lípidos y que sean fácilmente cultivables. En teoría usando algas, se podría obtener un rendimiento mayor de biodiesel que con otras plantas. (UNESCO, 2010)

2.5.2 Propiedades de los Biocombustibles Sólidos de Segunda Generación

Las más importantes son la humedad, contenido energético, masa, volumen, densidad, granulometría y ceniza total.

2.5.2.1 Humedad

La humedad se define como la cantidad de agua contenida en el total de la masa de una muestra de biomasa y puede existir en la superficie exterior o estar embebida en su interior. La humedad superficial es el agua presente en la superficie de la biomasa y se elimina fácilmente por el secado al aire. La humedad inherente se define como el porcentaje de pérdida de peso que experimenta una muestra de biomasa secada al aire cuando se calienta a 105°C hasta que alcanza peso constante. Esta propiedad afecta directamente a la energía disponible de cada biocombustible. Se utiliza en una amplia gama de áreas científicas y técnicas y se expresa como una proporción que puede ir de 0 (completamente seca) hasta el valor de la porosidad de los materiales en el punto de saturación. (Sebastián F., et-al, 2010)

2.5.2.2 Contenido Energético

En términos energéticos, se denomina poder calorífico superior (PCS) a la energía total que puede producir un combustible al quemarse completamente, y puede obtenerse en biocombustibles completamente secos, como en combustibles con cierta humedad, debiéndose referir en cada caso el contenido en humedad del biocombustible. En los casos en que la combustión se realice al aire libre (caso de calderas con chimeneas abiertas a la atmósfera), es el poder calorífico inferior (PCI) es el que describe mejor el contenido energético real del biocombustible; ambos contenidos energéticos se expresan en unidades energéticas por unidad de masa de combustible (kJ/kg o kcal/kg). (Fernández, 2006)

El poder calorífico es la cantidad de energía (calor por unidad de masa de una fuente material) que se aprovecha en la combustión de un combustible y se expresa generalmente en mega julios (MJ/kg) o kilojulios por kg (kJ/kg). (OLADE, 2011)

2.5.2.3 Masa, Volumen y Densidad

Las fuentes y productos energéticos se pueden medir por su masa, peso o volumen. Existen dos relaciones básicas para la evaluación de la bioenergía, teniendo en cuenta que tanto el poder calorífico como la densidad dependen principalmente de la humedad del combustible.

Energía = masa x poder calorífico (1)

Masa = volumen x densidad (2)

(FAO, 2003).

2.5.2.4 Granulometría

La forma, el tamaño y la distribución de las partículas según su tamaño o distribución granulométrica varían mucho e influyen en el transporte y manipulación en las instalaciones de conversión. (FAO, 2003)

2.5.2.5 Ceniza

El contenido de cenizas de un biocombustible sólido depende del tipo de biomasa y de las impurezas y se relaciona con el poder calorífico y determina si el biocombustible es utilizable o no en una instalación de combustión dada. Al proceder la biomasa herbácea del secado natural de las plantas, el contenido normal de proteínas y sales minerales (origen de las cenizas) suele ser bastante menor, ya que antes de producirse la senescencia de los órganos del vegetal se ha producido una emigración de nutrientes hacia los órganos de reserva o hacia los frutos y semillas; en el caso de biomasa leñosa procedente de tronco o ramas de árboles o arbustos, una gran parte de las células pertenecen a la madera que forman el cuerpo central de las ramas y troncos, que son en su gran mayoría células y fibras muertas con una fuerte lignificación, por lo que este tipo de biomasa producen biocombustibles sólidos con bajo contenido en minerales y por tanto con pocas cenizas en la combustión. (Fernández, 2006)

2.5.3 Potencia Calorífica

Es un término que permite cuantificar la energía consumida para hervir el agua por unidad de tiempo o de que tan rápido se quema el combustible. Se ve afectada tanto por la estufa (tamaño de la entrada de combustible/cámara de combustión) y la operación del usuario (tasa de alimentación de combustible). Por lo general, es una medida útil de la salida de calor de la estufa, y un indicador de la consistencia del operador de la estufa en varias pruebas. Se expresa en unidades de watts (W). (Aprovecho Research Center, 2009)

Como el calor es una forma de energía, se mide en julios y existe una unidad para medir el calor: la caloría. Esta se puede transformar en julios por medio de principio de equivalencia definido por James Joule, que establece que 1 julio es equivalente a 0,24 calorías. (Cengel Y., et- al, 2012)

2.6 ANÁLISIS PARA DETERMINACIÓN Y CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA BIOMASA PARA BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS DE SEGUNDA GENERACIÓN

La caracterización de la biomasa generalmente es hecha por procedimientos de vía húmeda, usando métodos tradicionalmente utilizados en nutrición animal, como Van Soest (1963). En los EUA, diversos métodos de cuantificación de la biomasa adoptados fueron estandarizados por el “National Renewable Energy Laboratory” y se basan en los procedimientos adoptados por la TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry) y “ASTM International Standards”, también por vía húmeda. (OLADE-IICA, 2010)

2.7 DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA PARA BIOCOMBUSTIBLES DE SEGUNDA GENERACIÓN

2.7.1 Tallo de Quinua

Proviene de la Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), una especie originaria de los andes peruanos, que posee múltiples cualidades nutraceuticas y un alto contenido de proteínas (12-20%), vitaminas y minerales (calcio, fósforo y hierro). El balance de aminoácidos esenciales es muy similar al de la caseína. Considerada como sucedánea de la carne, la quinua se emplea en la preparación de más de 100 platos diferentes, utilizándose las hojas, inflorescencias y granos. Posee un alto potencial para la agroindustria (INIA, 2006). La quinua es un cultivo andino de la familia Chenopodiáceas, de planta anual con período vegetativo de entre 150 – 240 días calendario y que se adapta muy bien a condiciones ambientales extremas, lo que permite su cultivo hasta los 4000 msnm. (Repo - Carrasco, 1998). Según el Gobierno Regional Puno es una de las principales zonas productoras en el país, pues el 80% corresponde a la región Puno. (GRP, 2015)

El tallo es cilíndrico en el cuello de la planta y anguloso a partir de las ramificaciones y puede alcanzar hasta los 1.50 m de longitud. Su color y grosor es variable, por el genotipo, zona donde se desarrolla, densidad de siembra y disponibilidad de nutrientes. (Quispe, 2004)

2.7.1.1 Estructura primaria

En un corte transversal a la altura de las posiciones cercanas al apéndice de la planta, se distinguen tres regiones, del exterior al interior:

a. Epidermis

Su pared externa contiene cutina, presenta pelos y estomas. Tejido, cuya función es proteger las partes verdes.

b. Corteza

Conformado por tres tejidos.

- **Colénquima (uno, rosado):** Tejido vegetal formado por células vivas, redondeadas o fibrosas en forma de anillo continuo primeramente y en listones en la edad adulta. Su principal función es la de sostener los órganos de crecimiento.
- **Parénquima (uno, rosado):** Ubicado en la pared primaria o secundaria. Cumple su función en los procesos del metabolismo, fotosíntesis, respiración, almacén y conducción a corta distancia.
- **Esclerénquima (uno, rosado):** Tejido vegetal de sostén, constituido por células muertas originadas a partir de la colénquima por impregnación creciente de lignina.

c. Cilindro Central

Conformado por un parénquima muy abundante, con células grandes en el que se hallan dispersos unos tejidos conductores formados por células pequeñas denominadas libero-leñosas, las que se disponen en dos círculos concéntricos. (Gallardo, M., et-al, 1997)

2.7.1.2 Producción de Tallos de Quinua

El rendimiento de broza bordea los 5 000 kg por hectárea y los restos de la trilla pueden significar alrededor de 200 kg adicionales. (INIAA, 1998)

Según la Dirección Regional Agraria de Puno en la campaña agrícola 2013-2014 la superficie cosechada fue de 32 261.00 has. (GRP, 2015)

Tabla 1. Análisis Proximal de Broza y Jipi

NUTRIENTES	BROZA	JIPI
Materia seca	92.37	90.00
Proteína g/100gMs	7.53	10.7
Grasa g/100gMs	1.59	-
Fibra g/100gMs	42.90	-
Cenizas g/100gMs	11.41	9.9
Extracto no nitrogenado g/100gMs	36.57	-

Fuente: (Tapia, M.y Castro, J.N., 1968) MS: materia seca

2.7.2 Hojas de Eucalipto

Producto resultante de fenómenos naturales en el ciclo de vida de los árboles de eucalipto, generalmente estos residuos orgánicos son combustibles orgánicos sólidos. (Prando, 1996)

Según el INRENA las hojas del eucalipto están dispuestas en ramitas de sección cuadrangular, de forma oval-cordiformes de tamaños que varían entre 4-10 cm de largo por 2.5-3.0cm de ancho al ser joven, de color verde oscuro y de forma lanceolada con incremento de sus medidas al llegar a adulto; las hojas de eucalipto tienen elementos que favorecen la combustión; la oferta de hojas de eucalipto está asegurada y será mayor a la que hoy existe.

El eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) es un árbol que pertenece a la familia Myrtaceae, generalmente crece en forma derecha. Siendo originaria del sub-este de Tasmania, en la actualidad en la región por su rápido crecimiento, excelente forma del fuste y la alta producción de biomasa en un corto plazo tiene múltiples usos: medicina, por sus componentes químicos que tienen propiedades descongestionantes lo encontramos en forma de jarabes, pomadas y otros; como material de construcción, madera rolliza, generalmente usado como vigas para techos, ventanas y soporte en el vaciado de lozas gracias a su composición fornida y forma derecha; madera aserrada; pulpa; carbón; ornamental y finalmente lo encontramos como material combustible, es decir como leña, trozado en rajadas (tronco), debido a su gran cantidad de biomasa,

combustión lenta y rápido encendido (Malca, 2000). El MINAG en el 2013 refiriéndose al eucalipto en el Perú dice así: “El caso del eucalipto en el Perú amerita un análisis particular, toda vez que dicha especie proviene de plantaciones forestales, cercos vivos, macizos u otras formas”.

2.7.2.1 Producción y Oferta de Eucalipto

El Perú tuvo en el 2012 una producción de 385,676 m³ en madera rolliza de eucalipto y la Región Puno produjo en eucalipto 2,748 m³ en madera rolliza y 47,060 m³ en madera aserrada. (INEI, 2015)

Puno cuenta con grandes potencialidades de tierras para la producción forestal en todo el ámbito de la zona, a excepción de la parte alta o cordillera; teniendo en cuenta que la tasa de deforestación en Puno es superior a 1 841.49 Ha/año. (GRP, 2014)

2.8 TECNOLOGÍAS DE DENSIFICACIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS DE SEGUNDA GENERACIÓN

Según The Legacy Foundation hay tres tipos diferentes de tecnologías en uso para densificación de biomasa.

2.8.1 Tecnología de Pirolización

Se basa en la pirolisis parcial de la biomasa, que se mezcla con la carpeta y luego se convierten en briquetas por colada y prensado.

2.8.2 Tecnología de Extrusión Directa

Donde la biomasa se seca y se compacta directamente con elevado calor y presión.

2.8.3 Tecnología Húmeda

En este tipo se utiliza un pre-tratamiento húmedo con la finalidad de facilitar la unión del material ya adecuado, prensado y secado para su quema directa o gasificación.

2.9 PROCESO DE OBTENCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS DE SEGUNDA GENERACIÓN

The Legacy Foundation resume en cinco pasos la fabricación de biocombustible sólido de segunda generación en presentación sólida:

2.9.1 Organización del Equipo

2.9.2 Recogida de los materiales

Durante la selección de la biomasa para la fabricación del biocombustible sólido, se da énfasis en la disponibilidad local de biomasa con menor contenido de lignina y ceniza.

2.9.3 Procesamiento de los Materiales

La adecuación de la biomasa requiere de agua para el rompimiento de la fibra y para lograr la unión en la compactación.

2.9.4 Compactación del biocombustible sólido de segunda generación

Uno de los factores importantes en esta fase es la presión máxima aplicada y el tiempo durante el cual se mantiene esa presión. Después de la compresión en un molde de una prensa manual, las briquetas se relajan y alcanza su forma final-original.

2.9.5 Secado y Almacenamiento

Ya moldeado debe ser eliminado cuidadosamente y ser trasladado a un lugar adecuado para secarse con un mínimo de manipulación; debe garantizarse un lugar ventilado lo suficientemente como para que el biocombustible sólido de segunda generación tenga un flujo uniforme de aire a través de toda su superficie. Generalmente estos biocombustibles tardan de tres a seis días para secar con la luz solar directa y en condiciones de nublado puede aumentar hasta ocho días después.

2.10 VENTAJAS DE LOS BIOCMBUSTIBLES SÓLIDOS DE SEGUNDA GENERACIÓN

- Se trata de uno de los métodos alternativos para ahorrar el consumo y la dependencia de la leña, además de resolver el problema de eliminación de residuos.
- Son uniformes en tamaño y calidad, ideal para una combustión completa y fáciles de manejar, transportar y almacenar
- El proceso ayuda a la reducción de la leña y la deforestación
- No hay azufre en ellos ni presentan cenizas volantes al quemarlos.
- Tienen un quemado continuo y de larga duración con una combustión más uniforme que el carbón, con calidad constante y alta eficiencia de combustión
- A diferencia de hulla, lignito o petróleo, se producen desde la fuente de energía, la biomasa renovable. Y son más baratas que ellas.
- Son limpias para manejar y pueden ser empacados en bolsas para facilitar su manejo y almacenamiento.
- Se producen generalmente cerca de los centros de consumo.
- La tecnología es libre de contaminación, respetuosa del medio ambiente interno y externo de la vivienda y es fácil de aprender. (Stanley, 2003)

2.11 EL BIOCOMBUSTIBLE SÓLIDO DE SEGUNDA GENERACIÓN, EL MEDIO AMBIENTE Y LA SALUD

El biocombustible sólido de segunda generación está destinado al logro de la reducción de las emisiones de gases del efecto invernadero y el fomento de la producción de biomasa para uso energético permite el desarrollo de una nueva actividad en las áreas rurales. (IDAE, 2007)

El biocombustible sólido de segunda generación a partir de residuos agrícolas y forestales de nuestra región ofrece la oportunidad de reducir las emisiones de dióxido de carbono por unidad de energía producida para cocción de alimentos o calefacción, proporcionando mejora en la calidad de vida. Como ventajas medioambientales importantes podemos destacar la no emisión de gases contaminantes como los resultantes de la combustión de combustibles fósiles, responsables del calentamiento global del planeta (CO₂) (OLADE, 2011), reducción en grandes cantidades de las emisiones de gases de efecto invernadero (OEA, 2007) y de la lluvia ácida (SO₂ y NO_x – óxidos de nitrógeno) (Enciso, 2006), y la no generación de residuos peligrosos de difícil tratamiento y que suponen durante generaciones una amenaza para el medio ambiente como los residuos radiactivos relacionados con el uso de la energía nuclear, además del efecto sumidero (disminución de la cantidad de CO₂ liberado a la atmósfera por el sector energético) con que los bosques pueden contribuir a la mitigación del cambio climático por un potencial incremento de la superficie forestada para la preservación y equilibrio ambiental en afán de la conservación de la vida humana. Otras ventajas a señalar de las energías renovables son su contribución al equilibrio territorial, ya que pueden instalarse en zonas rurales y aisladas, y a la disminución de la dependencia de suministros externos, por ser éstas autóctonas, en tanto los combustibles fósiles sólo se encuentran en un número limitado de países.

Si el mundo pretende cumplir el objetivo de limitación del aumento de la temperatura mundial a 2°C, hasta el 2050 no se podrá consumir más de un tercio de las reservas probadas de combustibles fósiles, a menos que se generalice el uso de la tecnología de captura y almacenamiento de carbono (CAC). (WEO, 2012)

2.12 LA PRUEBA DEL AGUA HIRVIENDO

La Prueba de Ebullición (WBT) es una simulación aproximada del proceso de cocción. Fue diseñada originalmente para estufas de leña, pero se ha adaptado para dar cabida a otros Tipos de estufas y combustibles. (Diaz, 2010)

Más conocida por sus siglas en inglés WBT o Water Boiling Test, es un ensayo redefinido en el 2003 por la UCB (Universidad de California en Berkeley), hoy reconocido por el ISO IWA 11:2012 con el título: Guidelines for evaluating cookstove performance La ISO IWA 11 representa un primer paso fundamental hacia un entendimiento común de cómo definir y verificar estufas y combustibles limpios. (ISO, 2012)

La WBT consta de tres fases y de un protocolo que a continuación se describen:

2.12.1 Hervido en Frío (cold-start high-power phase)

Inicia con la estufa a temperatura ambiente para hacer hervir agua en la olla, en una cantidad determinada. Una vez que el agua hierve se toman los datos necesarios que el proceso requiere.

2.12.2 Hervido en Caliente (hot-start high-power phase)

Inicia con la colocación de agua fresca en la olla, en la misma cantidad de la fase primera cuando la estufa aún esté caliente, siguiendo el mismo proceso.

2.12.3 Hervido a Baja Potencia (simmer phase)

Proporciona la cantidad de combustible requerido para cocinar a fuego lento un alimento por 45 minutos. Este paso simula el tiempo de cocción de las leguminosas y legumbres comunes de algunos lugares del mundo. El protocolo define los siguientes pasos para la aplicación de la prueba de ebullición:

- Asegúrese de que haya agua y combustible suficientes.
- Si es posible, tratar de obtener toda la madera/combustible de la misma fuente; ésta ha de ser lo más seca posible, de tamaño uniforme y previamente pesado.
- Realizar por lo menos una prueba de la práctica de cada tipo de estufa para llegar a familiarizarse con el procedimiento de prueba, características y demandas de la estufa.
- Las pruebas de la práctica también deben utilizarse para determinar el punto de ebullición local del agua.
- Asegúrese de que las pruebas deben realizarse bajo techo, con protección del viento pero con suficiente ventilación y con el espacio y el tiempo necesarios para realizar la prueba sin ser molestado.

2.13 COMBUSTIÓN

Combustión es una Reacción química en la que se oxida un combustible y se libera una gran cantidad de energía. El oxidante más empleado en los procesos de combustión es el aire (aire seco: 20.9% oxígeno, 78.1% de nitrógeno, 0.9% argón y pequeñas cantidades de carbono, helio, neón e hidrógeno). No es suficiente poner un combustible en estrecho contacto con el oxígeno para iniciar la combustión; el combustible debe llevarse a temperatura de ignición para iniciar la combustión, además las proporciones del combustible y del aire deben estar en un nivel adecuado para que comience la combustión. La descomposición térmica durante la combustión da origen a productos sólidos, líquidos y gaseosos. En forma general se da lo siguiente:

- Combustión del hidrógeno y evaporación del agua presente en el combustible.
- Los sulfuros se oxidan entregando al sistema una proporción de energía.
- Los carbonatos se descomponen en óxido y dióxido de carbono.
- El carbono y los hidrocarburos se transforman en óxidos de hidrógeno y óxido de carbono dependiendo de la proporción de oxígeno y del exceso de éste que se suministra al sistema partes de combustible sin quemar, la proporción de ingredientes de la mezcla y otras mejoras introducidas en una dilatada práctica de uso, aseguran su combustión completa. (Cengel Y. et-al, 2012)

Según la composición elemental del combustible se demanda una cantidad de oxígeno para completar la combustión. Esta cantidad exacta es el oxígeno estequiométrico, necesario para cumplir la estequiometría de la combustión, que se puede hallar a partir de las reacciones de oxidación de los elementos que componen la biomasa: C, H, O, N, S. El exceso de aire es la diferencia entre el aire realmente introducido en la cámara de combustión y el aire estequiométrico. En los procesos reales de combustión el exceso de aire es un parámetro, muy importante, puesto que la realización de una combustión con el aire estequiométrico conlleva la generación de inquemados. En general los sistemas utilizan la cantidad de aire suficiente como para que se consigan altas eficiencias de combustión, pero evitando sobre-utilizarlo pues entonces disminuyen las temperaturas de los gases y se pierde energía. El ajuste de la combustión resulta de un compromiso entre la temperatura, el tiempo de residencia y la eficacia de contacto entre el combustible sólido y el oxígeno del aire; es decir la regla de las tres T: Temperatura, Tiempo y Turbulencia. Las mayores eficiencias se consiguen asegurando unos perfiles de temperatura adecuados, un tiempo de residencia suficiente y un buen contacto sólido-aire por alto grado de mezcla o turbulencia. Para conseguir una temperatura homogénea y una turbulencia suficiente en el reactor, la correcta distribución del aire es crucial. (Sebastián F. et al, 2010)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El proyecto se desarrolló en su parte experimental (obtención y evaluación) en las instalaciones del Taller de Expert- C.P.S - S.A.C, ubicado en la ciudad de Juliaca- Parque Industrial, la misma que cuenta con el equipo necesario para la obtención del biocombustible sólido de segunda generación como son: el molino de martillos, la prensa manual y la estufa experimental en ambiente controlado.

Los análisis químicos de contenido de: celulosa, lignina, humedad, cenizas y grasa se realizaron en el Laboratorio de Biotecnología Alimentaria y Nutrición de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano.

3.2 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

3.2.1 Materiales

- Tallos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), de la variedad Kancolla en la fase fenológica de la madurez fisiológica (160-180 días), correspondiente a la campaña agrícola 20014-2015, la toma de muestra se localizó en la ciudad de Juliaca, del Distrito de San Román, Provincia de Puno, ubicado a 3825 m.s.n.m.
- Hojas de eucalipto (*Eucaliptus globulus* Labill), en buen estado, que no presenten signos de deterioro alguno, la toma de muestra se localizó en el Centro Poblado de Yapura, Distrito de Capachica.

3.2.2 Equipos y Reactivos

- Estufa al vacío, Marca Binder, cap.50 muestras, T° Máx. 300°C.
- Mufla, Marca Thermo scientific, cap.20 muestras, T° Máx. 1000°C.
- Balanza analítica, Marca ACCULAB, Presc.de 4 d, Margen de error 003 g.

- Campana de desecación, Cap.10 muestras.
- Desecador, con desecante de perclorato de magnesio o silicagel.
- Extractor Soxhlet, cap. 125 ml.
- Termómetro de mercurio de 0 a 150°C.
- Balanza de reloj (cap.10 kg).
- Balanza de precisión SOEHNLE ULTRA, Cap. máx. 200gr, presc. d=0,1 g.
- Prensa Manual Diseño Expert- 1.
- Molino de Martillos Diseño Expert-1.
- Cocina experimental.
- Reloj con cronómetro.
- Bagueta de vidrio.
- Espátulas.
- Vaso de precipitado, cap. 100 ml.
- Capsula de porcelana, diam. 9 cm.
- Papel filtro Wattman N°40, diam. 11 cm.
- Olla de prueba (acero inoxidable de capacidad de siete litros, de fondo plano).
- Registro de datos.
- Agua (La necesaria para la adecuación del material).
- Material de encendido (0.5 l de alcohol).
- Guantes resistentes al calor.
- Manga de Polietileno (16 m).
- Baldes (2 unid, cap.30 l).
- Lavadores (6 unid, cap.5 L).
- Solución detergente neutro.
- Solución detergente ácido.
- Disolvente éter de petróleo.
- Cerillos.
- Iniciador de fuego (alcohol).

3.3 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.3.1 Descripción del Método y Proceso para la Obtención del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto

El método que se utilizó para la obtención del biocombustible sólido de segunda generación se observa en la figura 1.

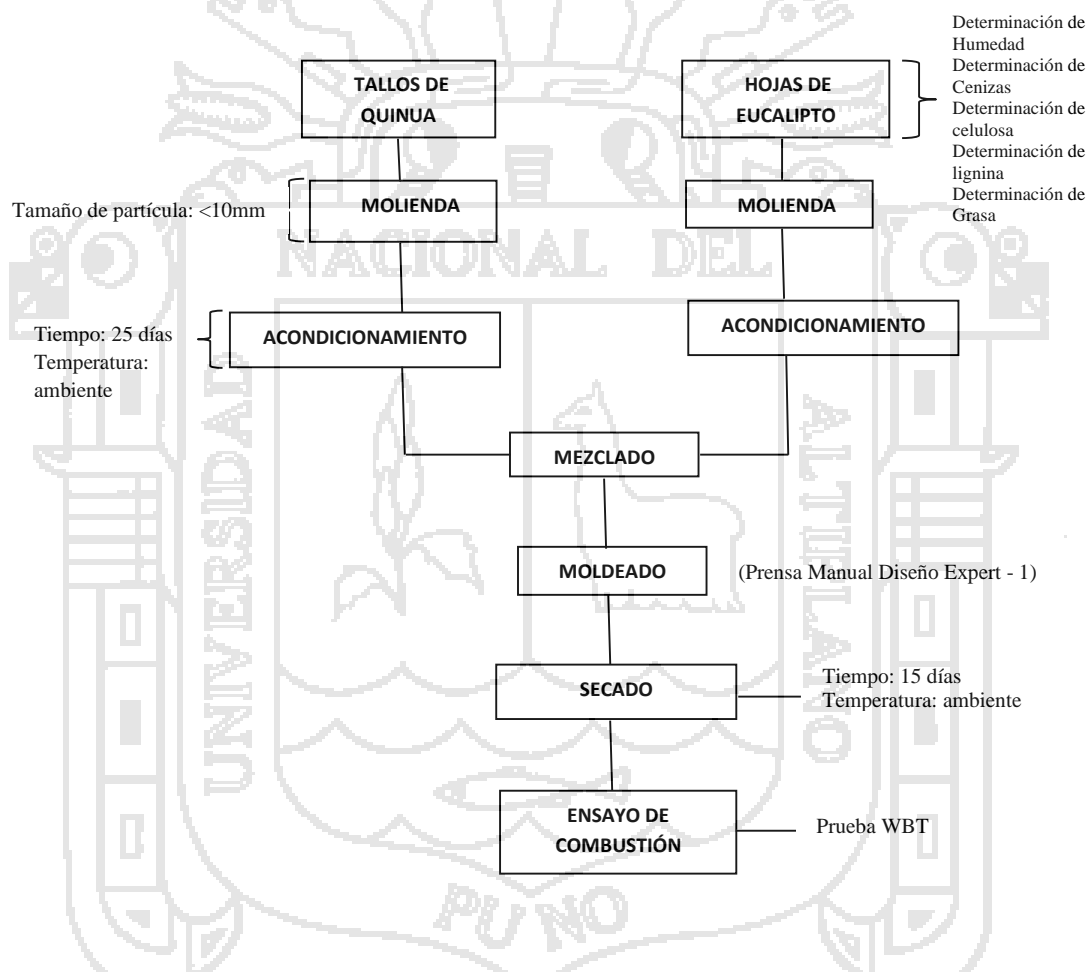


Figura 1. Flujograma para la Obtención de Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto

Seguidamente se describe las operaciones desarrolladas en el proceso de obtención de biocombustible sólido de segunda generación a partir de tallos de quinua y hojas de eucalipto:

- **Análisis químico:** Los materiales seleccionados se trasladaron al Laboratorio de Biotecnología Alimentaria y Nutrición de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano.
- **Molienda/picado:** Los tallos de quinua y las hojas de eucalipto fueron sometidos a molienda con partículas inferior a 10 mm, utilizándose para ello un molino de martillos manual.
- **Acondicionamiento:** Las partículas obtenidas de cada material se embolsaron en mangas de polietileno agregándoseles agua para su ablandamiento respectivo.
- **Mezclado:** Se procedió a realizar la mezcla de ambos materiales resultantes del acondicionamiento a fin de que su distribución sea homogénea en el producto final.
- **Moldeado:** Ya unificado la mezcla se procedió a trasladarla y colocarla en los moldes respectivos para la obtención del biocombustible sólido de segunda generación, según el modelo dimensional del Anexo 3.5.
- **Secado:** Se trasladó el producto húmedo a la loza de secado, hasta obtener un 25% de humedad o inferior a ella. Se realizó a temperatura ambiente.
- **Ensayo de Combustión:** Se realizó mediante la Prueba de Ebullición del Agua y se desarrolló en ambiente controlado en una estufa experimental, según los detalles técnicos del Anexo 5.

3.3.2 Factores de estudio

3.3.2.1 Para el Primer Objetivo:

Determinación de las Características Químicas de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto.

Factor en Estudio:

- a) Características Químicas de los Tallos de Quinua.
- b) Características Químicas de las Hojas de Eucalipto.

Variables de respuesta

- Contenido de Celulosa.
- Contenido de Lignina.
- Contenido de Humedad.
- Contenido de Cenizas.
- Contenido de Grasa.

3.3.2.2 Para el Segundo Objetivo:

Determinación de la Potencia Calorífica de los tallos de quinua y hojas de eucalipto.

Factor en Estudio:

- a) Potencia Calorífica de los Tallos de quinua.
- b) Potencia Calorífica de las Hojas de eucalipto.

Variable de Respuesta

Ensayo de Combustión mediante la Prueba de Ebullición.

3.3.2.3 Para el Tercer Objetivo:

Determinación de la Potencia Calorífica y Mezcla óptima del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto.

Factor en Estudio:

- a) Proporción porcentual: M1 (75%TQ-25%HE), M2 (85%TQ-15%HE), M3 (95%TQ-5%HE).
- b) Fuerza de compactación aplicada en moldeado: A (60kg), B (100kg), C (140kg).
- c) Tiempo en moldeo: α (40s), β (70s), γ (100s).

Variables de Respuesta

- Densidad de Biocombustible Sólido de Segunda Generación (g/cm^3).
- Humedad de Biocombustible Sólido de Segunda Generación (%).
- Ensayo de Combustión a Biocombustible Sólido de Segunda Generación (cal/s).

3.4 DISEÑO ESTADÍSTICO

Para el Primer y Segundo objetivos se utilizó la Prueba T.

Para el Tercer Objetivo se utilizó un arreglo factorial de 3^3 , con un total de 27 tratamientos, conducido bajo tres repeticiones; cuya expresión matemática es:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl};$$

$$i = 1, 2, \dots, a; j = 1, 2, \dots, b; k = 1, 2, \dots, c; l = 1, 2, \dots, n$$

Donde:

μ = media general.

α_i = efecto del nivel i -ésimo del factor A .

β_j = efecto del nivel j del factor B .

γ_k = efecto del nivel k en el factor C .

$(\alpha\beta)_{ij}$, $(\alpha\gamma)_{ik}$, $(\beta\gamma)_{jk}$ = efectos de interacción dobles en los niveles ij , ik , jk , respectivamente.

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ = efecto de la interacción triple en la combinación ijk .

ε_{ijk} = error aleatorio en la combinación $ijkl$.

l = réplicas del experimento.

3.5 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

3.5.1 Determinación de las Propiedades Químicas de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto

La muestra de la materia prima se eligió por el método de cuarteo y se llevó a Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

3.5.1.1 Determinación de Contenido de Celulosa y Lignina

Se determinó por el Método AOAC, de técnica analítica química gravimétrica desarrollada así:

- **Análisis de FAD (Fibra Ácido Detergente)**. AOAC 973.18, modificado. (ANKOM Technology, 2015)

Rotulado de las bolsitas filtrantes, dos por cada repetición y una para blanco. Se pesaron las bolsitas filtrantes y se registró el peso del blanco (W_1). Pesado de 0.5 gramos de muestra de material en cada bolsita (W_2) y agregado de 100 ml de solución neutro detergente por muestra, además de 4 ml de alfa amilasa termoestable y 0.5 g de sulfito de sodio por cada 50 ml de solución ácido detergente. Cerrado hermético de la cámara de digestión a 100°C por 60 min y drenado de la solución al término de éste. Agregado de 1900 ml de agua destilada y 4 ml de alfa amilasa para el lavado, quitando el exceso de agua a

las muestras para añadirles acetona en un beaker de 250 ml y dejarlas por 4 min para secarlas en horno a 105°C por 4 h, enfriarlas y pesarlas (W₃).

La expresión de cálculo en porcentaje de la FAD de ambos materiales fue:

$$\%FAD = \frac{(W_3 - (W_1 * C_1))}{W_2} \times 100$$

Dónde:

W₁= Peso de la bolsita (g).

W₂= Peso de la muestra del material (g).

W₃= Peso seco de la bolsita con fibra después del proceso de extracción (g).

C₁= Corrección de la bolsita del blanco. (Peso seco de la bolsita filtrante del blanco dividido por el peso original de la bolsita del blanco).

- **Análisis de LAD (Lignina Ácido Detergente)** en beakers. AOAC 949.04 modificado. (ANKOM Technology, 2015)

Preparado de 300 ml de ácido sulfúrico al 72% en un beaker de 500 ml e introducción en él de las bolsitas selladas provenientes del proceso de cuantificación de FAD, colocándose sobre ellas un beaker de 250 ml para mantenerlas sumergidas, agitándolas cada 30 min por 3h, empujando suavemente el beaker de 2 l de arriba hacia abajo. Concluido el proceso de extracción, se retiraron del beaker y se lavaron 4 veces con agua destilada a punto de ebullición, retirando el exceso de agua de las muestras y se colocaron dentro de un beaker de 1 l, agregándosele suficiente acetona para cubrir todas las muestras, las mismas que se remojaron por 4 minutos para después remover el exceso de acetona en ellas secándolas en horno a 105°C por 4 horas y colocándolas en desecadores convencionales. Se colocó una bolsita en cada crisol previamente tratado y se introdujeron en la muflas a 525°C por 3 h. Concluido el tiempo se enfriaron en desecador y se pesaron (W₄).

La expresión de cálculo en porcentaje del contenido de lignina de ambos materiales fue:

$$\%LAD = \frac{(W_4 - (W_1 * C_1))}{W_2} \times 100$$

Donde:

W_1 = Peso de la bolsita (g)

W_2 = Peso de la muestra del material (g)

W_3 = Peso seco de la bolsita con fibra después del proceso de extracción (g)

W_4 = Peso de la materia orgánica (g)

C_1 = Corrección de la bolsita del blanco en el proceso de FAD. (Peso seco de la bolsita filtrante del blanco dividido por el peso original de la bolsita del blanco).

C_2 = Corrección de la ceniza de la bolsa del blanco (pérdida de peso por incineración de la bolsa del blanco dividido por el peso original del blanco).

En tanto la expresión de cálculo del contenido de celulosa, de los dos materiales estuvo dada por:

$$\text{Celulosa} = \%FAD - \%LAD$$

3.5.1.2 Determinación de Contenido de Humedad

Se determinó por el Método de ensayo AOAC 950.01, de técnica analítica gravimétrica (Horwitz, 2005), el que se desarrolló en el procedimiento siguiente:

- Homogenizado de la muestra, molienda y tamizado hasta la obtención de una muestra homogénea finamente molida.
- Secado de la cápsula por al menos 1 hora a 100-105° empleando pinzas, trasladar la cápsula tapada al desecador y dejar enfriar hasta temperatura ambiente.
- Pesado de la cápsula con la tapa con una aproximación de 0.1 g. Registro de la masa (M).
- Colocado en la cápsula de la cantidad de 5 g de muestra, tapado y pesado. Registro de la masa (M_1).

- Colocado de la cápsula destapada y la tapa en la estufa a la temperatura, presión y tiempo recomendado de 103 ± 2 °C ó a 70 °C si se utiliza vacío y se mantiene entre 3 y 6 horas, dependiendo del tipo de alimento o sustancia de que se trate.
- Retirado de la cápsula de la estufa, tapado y enfriado en desecador a temperatura ambiente y pesado rápido tan pronto haya alcanzado la temperatura ambiente.
- Repetido del proceso de secado en la estufa hasta que la diferencia de pesada entre dos secados consecutivos sea inferior a 0.5 mg. Registro de masa (M_2).
- El cálculo de Resultados se obtuvo de la siguiente manera: El contenido en agua de la muestra se calculó por diferencia de peso y se expresó en % de humedad (g de $H_2O/100$ g de muestra).

$$\% \text{ Humedad} = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M} \times 100$$

Donde:

M = masa en gramos de la capsula con tapa

M_1 = masa en gramos de la capsula con tapa y la muestra.

M_2 = masa en gramos de la capsula con tapa y la muestra seca

- La expresión de resultados en base seca porcentual para los materiales fue:

$$\% \text{ Base seca} = 100 - \% \text{ Humedad}$$

3.5.1.3 Determinación del Contenido de Cenizas

Se determinó por el Método de Ensayo AOAC 942.05 de técnica analítica gravimétrica (Horwitz, 2005), el mismo que tuvo el siguiente procedimiento así:

- Homogenización de la muestra, molienda y tamizado hasta la obtención de una muestra homogénea finamente molida.

- Pesado de una cápsula previamente calcinada y tarada (M_0), agregado de entre 2 a 5 g de muestra homogenizada (M_1).
- Precalcinado previo de la muestra en placa calefactora, evitando que se inflame y colocado en la mufla e incinerado a 600 °C hasta cenizas blancas o grisáceas.
- Preenfriado en la mufla apagada, traspasado a desecador y pesado a temperatura ambiente.
- Enfriado en desecador y pesado (M_2).
- La expresión de resultados para los dos materiales se dio así:

$$\% \text{ Cenizas Totales} = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_0} \times 100$$

Donde:

M_2 = masa de la cápsula con las cenizas, en gramos.

M_1 = masa de la cápsula con la muestra, en gramos.

M_0 = masa de la cápsula vacía, en gramos.

3.5.1.4 Determinación de Grasa

Se determinó por el Método de Ensayo AOAC 920.39, con técnica analítica gravimétrica (Horwitz, 2005), y se desarrolló en el siguiente procedimiento:

- Pesado de un gramo de muestra previamente desecada en el interior de los cartuchos de celulosa que se colocaron en el extractor de grasa con el anillo metálico.
- Pesado de los vasos de aluminio vacíos, previamente desecados, en una balanza de precisión y se registró el peso.
- Colocado de los vasos en el extractor y cerrado del equipo.
- Adicionado 50 ml de éter a cada una de las muestras y encendido del equipo de refrigeración.
- El proceso de extracción duró alrededor de 2 horas, tiempo en el cual el éter, calentado a 80°C, fue pasando por la muestra para extraer la grasa y el éter con

la grasa disuelta cayó en el vaso de aluminio evaporándose para ser recuperado al pasar por el serpentín de refrigeración.

- La grasa extraída quedó depositada en el vaso de aluminio.
- Retirado de los vasos del equipo al concluir el tiempo de extracción e introducido en la estufa de desecación durante al menos 2 horas para eliminar los residuos de éter.
- Enfriado de los vasos en el desecador y pesado en la balanza de precisión.
- La expresión de resultados fue así:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{(P_1 - P_2)}{P} \times 100$$

Donde:

P₁ = peso del vaso con el extracto etéreo o residuo de grasa de la muestra.

P₂ = peso del vaso vacío.

P = peso de la muestra empleada.

3.5.2 Determinación de la Potencia Calorífica y Mezcla Óptima del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto

El material evaluado se obtuvo por el método de cuarteo, y fue sometido a la Prueba de Ebullición de Agua Modificado, ensayo recomendado en el Perú por el Servicio Nacional de Capacitación en la Industria de la Construcción (SENCICO, 2011) en su primera fase, denominado Alto Poder, para lo cual se siguió el siguiente protocolo:

- Vertido de un litro de agua en la olla vacía y pesado del biocombustible sólido de segunda generación a combustionar.
- Colocado de un termómetro en la olla.
- Medida del material para el encendido del fuego.
- Registrado de la temperatura inicial del agua y hora de inicio del fuego.

- Registrado del tiempo y temperatura de ebullición del agua.
- Registrado de la máxima temperatura alcanzada por el agua en ebullición.

En los datos de temperatura final e inicial se halló el calor absorbido por el agua en cada intervalo de tiempo en la siguiente expresión:

$$q = m\delta\Delta T$$

Donde:

q = calor absorbido por el agua (kcal)

m = masa del agua (1kg)

δ = calor específico del agua (1kcal/kg °C)

ΔT = cambio de temperatura ($t_{\text{final}} - t_{\text{inicial}}$ del agua (°C))

(Chang, 2010)

En tanto, la potencia calorífica del biocombustible sólido de segunda generación se calculó así:

$$P = q/t$$

Donde:

q = calor absorbido por el agua (kcal)

t = duración del intervalo del calor absorbido por el agua.

(Tambutti, R., et-al, 2005)

Este mismo ensayo se permitió hallar la proporción óptima mediante los resultados de las expresiones de cálculo ya mencionados, los mismos que estuvieron íntimamente ligados a la fuerza de compresión y tiempo de compresión aplicados durante el prensado de las respectivas mezclas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 DE LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DE TALLOS DE QUINUA Y HOJAS DE EUCALIPTO

Tabla 2. Ensayo de Humedad, Cenizas, Celulosa, Lignina y Grasa de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto

MATERIAL		%HUMEDAD	%CENIZAS	%CELULOSA	%LIGNINA	%GRASA
TALLOS DE QUINUA	R ₁	10,10	4,96	63,80	30,28	1,88
	R ₂	9,75	4,68	62,82	29,85	1,91
	R ₃	11,65	4,85	63,15	30,95	1,86
HOJAS DE EUCALIPTO	R ₁	9,72	10,45	31,54	15,16	11,29
	R ₂	9,14	9,86	30,29	15,28	11,32
	R ₃	11,25	10,02	31,85	15,53	11,27

FUENTE: Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos. Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial UNA-Puno

En la Tabla 2 y el Anexo 1.1 se observan los resultados de laboratorio de las propiedades químicas de los Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto: Contenidos de Humedad, Cenizas, Celulosa, Lignina y Grasa de los Tallos de Quinua y de las Hojas de Eucalipto analizadas en base seca, proporcionadas por el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial UNA-Puno. También, en el Anexo 1.2 se presenta el análisis estadístico de las propiedades químicas de los Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto mediante la Prueba t, que demuestra que entre las humedades de los Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto no existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de humedad, en tanto para la ceniza, celulosa, lignina y grasa demuestra que si existe diferencia estadísticamente significativa en sus promedios. Respecto a estas propiedades Marcos (1994), señala que la composición química de los biocombustibles sólidos condicionan el poder calorífico de ellos; Cabezas (2009), consigna una Humedad inicial del material biomásico a tratar del 5 al 20%; de los Tallos de Quinua se obtuvo 10,5% de humedad y 10,03% para las Hojas de Eucalipto; de aquí podemos aseverar que los dos materiales tienen una humedad aceptable y permitirán también una humedad baja en el producto

final, por encontrarse dentro del rango como material biomásico para el inicio del proceso de obtención de biocombustible sólido de segunda generación. Del mismo modo Canas (1988), realiza un análisis en la composición química proximal de Tallos de Quinua; encontrando en él 6.9% de contenido de ceniza y Tapia M., et-al (1968), encuentran en el análisis proximal de broza un 11,41% de ceniza; en tanto la muestra analizada en laboratorio para la presente investigación reporta un 4,83% de contenido de ceniza para los Tallos de Quinua, cantidad característica de la biomasa leñosa según Fernández (2006), siendo en este caso la causa probable de diferencia el ecotipo analizado. Asimismo, Barnard G., et-al (1985), encuentran como contenido de ceniza en agro residuos porcentajes de 4.8 a 19,2% y además Malca (2000), señala respecto a las Hojas de Eucalipto que éstas deben presentar cantidades superiores al 3% del árbol, ya que ellas no conforman parte del cuerpo central de ramas y troncos como lo confirma el análisis resultante de laboratorio que muestra 10,11% de contenido de ceniza, tal como es lo característico en la biomasa herbácea, según Fernández (2006), cantidad totalmente aceptable para la posibilidad de uso como material conformante del biocombustible sólido de segunda generación. También Canas (1988), halla celulosa de hasta 50,9% en el análisis de la composición química proximal de Tallos de Quinua, Toledo (2008) halla 52,01% de celulosa en los residuos de quinua y 26,26% de contenido de lignina en los mismos; en tanto la muestra analizada en laboratorio reporta para Tallos de Quinua 63,26% de contenido de celulosa y 30,36% de contenido de lignina, cantidad debida probablemente a la edad fenológica de la planta al momento de la cosecha y al tamaño y grosor de la misma. Los contenidos altos de celulosa y lignina permiten señalar que los Tallos de Quinua pertenecen al grupo de biomasa leñosa y las Hojas de Eucalipto con 31,23% de contenido de celulosa y 15,32% de contenido de lignina pertenecerían al grupo de biomasa herbácea procedente del secado natural de las plantas, según lo indica Fernández (2006), además de servir como material aglutinante natural, limpio y seguro, para dar lugar a un biocombustible sólido de segunda generación también limpio y seguro, no conteniendo ningún componente tóxico, por lo que durante su combustión no emitió olor alguno y el humo fue escaso. Finalmente Tapia M., et-al (1968), señalan en el análisis proximal de broza 1,59% de contenido de grasa y la muestra analizada en laboratorio reporta 1,88% de contenido de grasa para los tallos de quinua, variación probable debida al ecotipo empleado en la investigación.

4.2 DE LA DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA CALORÍFICA DE TALLOS DE QUINUA Y HOJAS DE EUCALIPTO

En los Anexos 2.1 y 2.2 y en la Figura 2 se observan los datos obtenidos del ensayo de combustión para la determinación de la Potencia Calorífica de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto respectivamente; del mismo modo en el anexo 2.3 se observa los resultados del análisis estadístico realizado a esta variable en cuanto a la temperatura máxima alcanzada, la calor absorbida por el agua, tiempo transcurrido y potencia calorífica de los materiales donde primero se determinó que las varianzas son iguales, excepto para el tiempo transcurrido, para luego determinar la existencia de diferencia estadísticamente significativa tanto en el promedio de Temperatura Máxima alcanzada por el agua, la Calor absorbida por el agua, el Tiempo transcurrido como en la Potencia calorífica de los materiales evaluados. RWEDP (2002), indica un Valor Calorífico para desechos de la madera de 19MJ/kg, igualmente para sub-productos agrícolas como cascarilla de arroz, caña y paja de trigo señala un valor calórico de 15.58 – 18.94 MJ/kg; Barnard G., et-al (1985) señalan para agro residuos Valores Caloríficos de 15.0 – 21.1 MJ/kg; la Prueba de Ebullición de Agua del Ensayo de Combustión de Tallos de Quinua muestra que los Tallos de Quinua ceden al agua su Máxima Potencia de 62.61 cal/s a los 17.82 minutos con una Temperatura Máxima de 85.87 °C y con 750 g de material de encendido y apagado lento, la Temperatura de Ebullición del Agua fue 81°C en un Tiempo de 16 min; en tanto la Prueba de Ebullición de Agua del Ensayo de Combustión de las Hojas de Eucalipto señala que la Potencia Máxima que cedieron éstas al agua fue de 72.52 cal/s en un Tiempo de 14.43 min con una Temperatura Máxima de 81.8 °C a partir de 760 g de material de encendido y apagado rápido, la Temperatura de Ebullición del Agua fue de 81.8°C en un Tiempo de 14 min. Según estos resultados de investigación se obtuvieron Valores Caloríficos para los Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto, de 16.93 MJ/kg y 15.97 MJ/kg respectivamente, comparando éstos con los datos bibliográficos encontramos que ambos se encuentran dentro del rango estipulado para agro residuos; en tanto comparado con los desechos de madera estarían por debajo de ellos, debido precisamente a su composición química, además de en el caso de las hojas de eucalipto la proveniencia de árboles jóvenes así como lo refiere la FAO (1981).

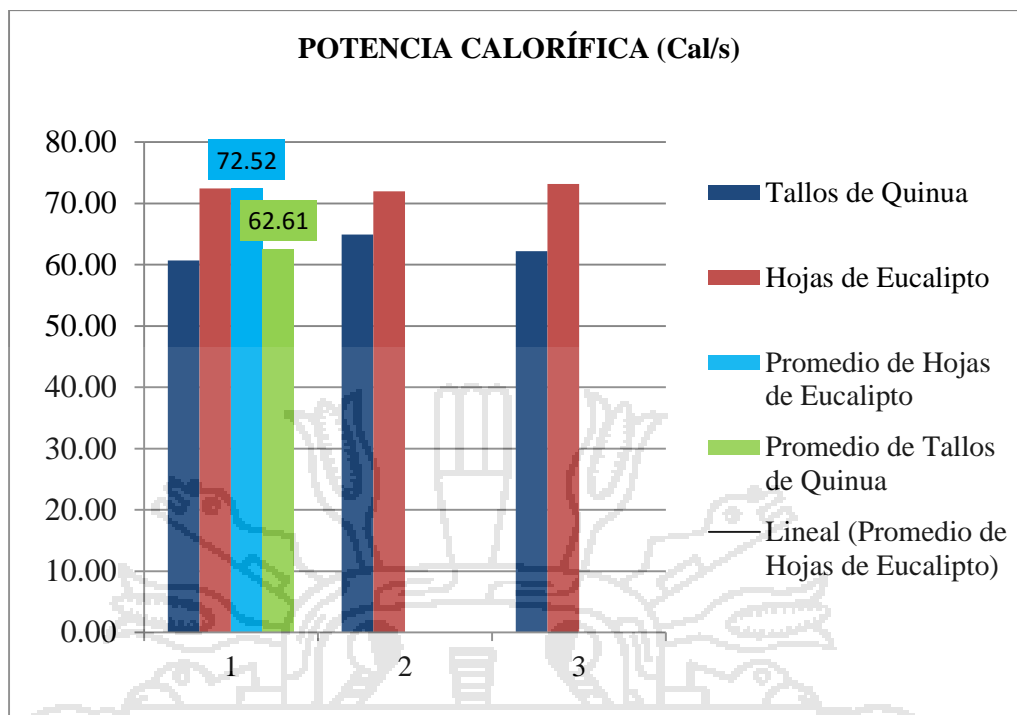


Figura 2. Potencia Calorífica de Tallos de Quinoa y Hojas de Eucalypto

4.3 DE LA DETERMINACIÓN DE LA MEZCLA-PROPORCIÓN ÓPTIMA Y POTENCIA CALORÍFICA DEL BIOCOMBUSTIBLE SÓLIDO DE SEGUNDA GENERACIÓN A PARTIR DE TALLOS DE QUINUA Y HOJAS DE EUCALIPTO

4.3.1 De la Densidad del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinoa y Hojas de Eucalypto

En el Anexo 3.1 se muestran los resultados de las densidades promedios del biocombustible sólido de segunda generación obtenido para cada tratamiento, valores entre 0,2454 a 0,2658 g/cm³. De las mismas referidas a este propiedad FEDIT (2011), considera los valores de 1-1.3 g/cm³ como densidad de biocombustible sólido obtenido en máquinas de presión intermedia y Marcos (1994), 0.4130 – 0.9998 g/cm³ para maderas y 0.25 -0.32 g/cm³ para astillas de uso doméstico o de la pequeña industria. Según los resultados mostrados en este anexo se obtuvo valores de 0.2450 – 0.2658 g/cm³, comparando con los referidos se tiene que los valores obtenidos en la investigación no son inferiores a los tales aun cuando se hayan obtenido en equipos

manuales y de baja presión, ya que el biocombustible obtenido no es de especie alguna de madera, que en general son de alta densidad y menor volumen, sino de biomasa residual de baja densidad y mayor volumen, densificado a la presión máxima de 140 kg sin agregado adicional de otros aglutinantes y donde no hubo la aplicación de temperaturas elevadas, como lo recomienda Janzack (1981); ya que este producto está orientado a la zona rural y prima en los métodos más apropiados de obtención de biocombustible sólido de segunda generación para las poblaciones rurales el hecho de que están basados en los residuos y materiales disponibles; también afecta en los resultados el tamaño de partícula de la materia prima, que en este caso fue inferior a 10 mm según la tecnología de densificación elegida en la presente investigación: Tecnología Húmeda.

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) del análisis estadístico para esta variable se muestran a continuación en la Tabla 3.

Tabla 3. Análisis de Varianza para Densidad de Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto

F de V	S.C.	Gl	C.M.	F.	Sig.
A:Mezcla	0.00294392	2	0.00147196	45162.47	**
B:Fuerza de Compresión	0.00000547877	2	0.00000273938	84.05	**
C:Tiempo de Compresión	0.000326505	2	0.000163253	5008.89	**
AB	0.00000137679	4	0.00000034419	10.56	**
AC	0.000206948	4	0.000051737	1587.38	**
BC	0.000000089753	4	0.000000224383	6.88	**
ABC	0.00000604691	8	0.000000755864	23.19	**
RESIDUOS	0.0000018038	54	0.0000000325926		
TOTAL (corregido)	0.00000176	80			

De esta tabla se deduce que siete efectos influyen significativamente o en forma directa en la Propiedad Densidad del Biocombustible Sólido de Segunda Generación: La Proporción de Mezcla, la Fuerza de Compresión, el Tiempo de Compresión y las interacciones AB, AC, BC y ABC cuya influencia es a un nivel de confianza del 95 %, lo que quiere decir que existe diferencia altamente significativa ($P \leq 0.05$) entre ellas respecto a la Densidad así como lo asevera Marcos (1994), Cuanto mayor sea la

Cantidad de Biomasa Lignocelulósica en la composición del biocombustible densificado, mayor sea la Fuerza de Compresión aplicada sobre él y mayor sea el Tiempo de aplicación de esa fuerza, la Densidad del producto final será mayor.

Por lo tanto al ser la Densidad directamente dependiente de estos factores se aplica la Prueba de Comparaciones Múltiples Duncan para la determinación del tratamiento que debe aplicarse al Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto. La Prueba para esta variable se detalla en el Anexo 3.4.

Para la interpretación de los resultados es necesario tener presente la premisa: A Mayor Cantidad de Material Lignocelulósico, a Mayor Fuerza de Compresión y a Mayor Tiempo de Compresión se obtendrá Mayor Densidad, Menor Humedad y Mayor Potencia Calorífica. Por ello será el tratamiento indicado el que presente los valores más altos en su respectivo factor.

La Prueba de Comparaciones Múltiples para Mezcla nos indica que la Mezcla 3 compuesta de 95% de Tallos de Quinua y 5% de Hojas de Eucalipto es estadísticamente superior en el efecto sobre el valor de la Densidad del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto respecto a las Mezclas 1 y 2, debido a las propiedades químicas propias de cada una y su proporción en la mezcla.

Para la Fuerza de Compresión, la codificada bajo el código 3 equivalente a 140 kg es estadísticamente superior en el efecto sobre el valor de la Densidad del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto respecto a las Fuerzas de Compresión 1 y 2.

En el caso del Tiempo de Compresión, la aplicación de la Prueba de Comparaciones Múltiples Duncan para la Densidad nos indica que el tiempo de Compresión 3, equivalente a 100 s, es estadísticamente superior en el efecto sobre el valor de la Densidad del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto respecto a los Tiempos de Compresión 1 y 2.

4.3.2 De la Humedad del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto

En el Anexo 3.2 se exponen los resultados del contenido de Humedad del Biocombustible Sólido de Segunda Generación para cada una de sus unidades experimentales. Al respecto, García B., et-al (1997), consideran una humedad inferior a 12% para productos densificados y Marcos (1994) señala de 8 – 10 % de Humedad en ensayos de laboratorio para los mismos e indica también que el valor calorífico de cualquier biocombustible disminuye al aumentar la humedad del mismo; por otro lado, los valores de los resultados del Biocombustible Sólido de Segunda Generación obtenido a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto en sus diferentes tratamientos presentan valores de humedad final de entre 7.44 - 7.59 % provenientes de ensayo en laboratorio también, de los que se puede señalar en primer lugar que se encuentran por debajo del expuesto por la bibliografía encontrada, al mismo tiempo que indica que la Potencia Calorífica será más alta, pues un bajo % de Contenido de Humedad dará lugar a un incremento del contenido de energía por unidad de volumen, ahorrando combustible Janzack, (1981).

En la Tabla 4 se muestran los resultados del ANVA para esta variable, en la que se deduce que los siete efectos influyen significativamente en el Contenido de Humedad del Biocombustible Sólido de Segunda Generación; es decir que la Conformación de la Mezcla, la Fuerza de Compresión y el Tiempo de Compresión influyen en forma directa en esta propiedad a un nivel de confianza del 95 %, por lo que se se aplica la Prueba de Comparaciones Múltiples Duncan para la determinación del tratamiento que debe aplicarse al Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto, a fin de que éste sea el óptimo, ya que el tratamiento elegido permitirá asegurar la fase de arranque del proceso de combustión, mantener la temperatura de la misma, evitar mayores gastos de capital en tecnología capaz de realizar un proceso de combustión más complejo y hará más eficiente el proceso de conversión energética (AVEBIOM, 2008)

Tabla 4. Análisis de Varianza para el Contenido de Humedad del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto

F de V	S.C.	Gl	C.M.	F.	Sig.
A:Mezcla	0.129267	2	0.0646333	26176.50	**
B:Fuerza Compresión	0.000762963	2	0.000381481	154.50	**
C:Tiempo Compresión	0.015763	2	0.00788148	3192.00	**
AB	0.000325926	4	0.0000814815	33.00	**
AC	0.000725926	4	0.000181481	73.50	**
BC	0.0000962963	4	0.0000240741	9.75	**
ABC	0.000325926	8	0.0000407407	16.50	**
RESIDUOS	0.000133333	54	0.00000246914		
TOTAL (corregido)	0.1474	80			

La Prueba de Comparaciones Múltiples para Mezcla nos indica que la Mezcla 3 compuesta de 95 % de Tallos de Quinua y 5% de Hojas de Eucalipto es estadísticamente superior en el efecto sobre el valor de la Humedad del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto respecto a las Mezclas 1 y 2, debido a las propiedades químicas propias de cada una y su proporción en la mezcla.

Para la Fuerza de Compresión, señala que la 3 es estadísticamente superior en el efecto sobre el valor de la Humedad del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto respecto a las Fuerzas 1 y 2.

La misma Prueba nos indica que el Tiempo de Compresión 3 es estadísticamente superior en el efecto sobre el valor de la Humedad del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de ellos respecto a los Tiempos 1 y 2.

La aplicación de la Prueba de Comparaciones Múltiples Duncan nos indica que la Interacción de la Mezcla 3 con la Fuerza de Compresión 3 es estadísticamente superior en el efecto sobre el valor de la Humedad del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto respecto a las demás interacciones. Igualmente recomienda el tratamiento 3,3 para Mezcla y Tiempo de

Compresión y el tratamiento 3,3 para la interacción de Fuerza de Compresión y Tiempo de Compresión.

4.3.3 De la Determinación de la Potencia Calorífica y Mezcla Óptima del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto

El ensayo de combustión, mediante la Prueba de Ebullición del Agua (WBT) permitió determinar: La Máxima Potencia Calorífica que el Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto cede al agua, el Tiempo en que se obtiene esa Máxima Potencia Calorífica y la Temperatura Máxima que alcanza el agua, los que dependen fundamentalmente de la Composición Química del material del que está compuesto (siendo en general los biocombustible sólidos de origen lignocelulósico en su mayor parte según lo indica Marcos, 1994), del Contenido de Humedad, como lo refiere Janzack (1981) y de la Densidad que posean los materiales como lo explica la FAO (2003).

En el Anexo 3.3 se dan a conocer los resultados de La Potencia Calorífica del Biocombustible Sólido de Segunda Generación obtenido para cada tratamiento, en el que se observa alcanza y cede su Máxima Potencia Calorífica de 141.36 cal/s al agua a los 8.1 min y a partir de 479.7 g del Biocombustible Sólido de Segunda Generación obtenido a una Fuerza de Compresión de 140 kg y un Tiempo de Compresión de 100 s, en una Mezcla- Proporción de: 95% Tallos de Quinua - 5% Hojas de Eucalipto, haciendo así de ella la Mezcla Óptima buscada, la de el más elevado contenido de material lignocelulósico. (AVEBIOM, 2008). A un tiempo de 7.43 min de iniciado el Ensayo de Combustión hizo hervir 1 litro de agua a 80 °C; observándose durante el mismo una escasa presencia de humos tanto dentro del ambiente de ensayo y en la salida de la chimenea de la estufa experimental; del mismo modo durante el ensayo el biocombustible sólido de segunda generación obtenido no generó olor extraño y/o desagradable en el ambiente en que se desarrolló el ensayo, esto por no contener agregado de otros aglutinantes (Fernández, 2006), dejando 50 g de Cenizas de fondo de horno concluida la combustión del mismo.

Eriksson S., et-al (1990), contemplan para materiales con contenidos bajos de ceniza y contenidos de humedad entre 10% y 15% (la mayoría de los Biocombustibles Sólidos de Segunda Generación a partir de madera y agro residuos) Valores Caloríficos de 17- 18 MJ/kg; en tanto AVEBIOM (2008) considera para biocombustibles agrícolas un intervalo de 16,5 – 19 MJ/kg y para la madera 16.9 MJ/kg a 10% de humedad, señalando también que el valor calorífico de los combustibles de madera son por término medio 9 % superior a las plantas herbáceas; al hacer la comparación con estos datos se tiene que: El Biocombustible Sólido de Segunda Generación Obtenido de la Mezcla Óptima de 95 % Tallos de quinua – 5 % Hojas de Eucalipto, con una Fuerza de Compresión de 140 kg y un Tiempo de Compresión de 100 s y analizado en laboratorio, según el Anexo 3.4, contuvo 3,57 % de Cenizas y 7.44% de Humedad - cantidades que no le redujeron el valor energético, sino más bien la favorecieron como en el caso de la humedad que por ser baja no se invertirá mayor parte de la energía liberada en la evaporación del agua sino en el uso térmico de ella durante el proceso de combustión (AVEBIOM, 2008)-, alcanzando un Valor Calorífico de 17.798 MJ/kg y, de este valor con los referidos en la bibliografía, puede señalarse que alcanza y aún sobrepasa a los otros biocombustibles agrícolas y a la madera debido a que influenciaron directamente en él la Densidad y el Contenido de Humedad, Tecnología de Densificación aplicada, Estufa experimental y Método de Ensayo de Combustión, clasificando como Biocombustible Sólido de Segunda Generación Competitivo, de Alto Poder Calorífico y Limpio. Por otro lado este valor es superior al de los materiales biomásicos que lo originaron, justificando así la conveniencia de la aplicación de la tecnología desarrollada en la presente investigación.

En la Tabla 5 se muestran los resultados del ANVA para esta variable, de la que se deduce que siete efectos influyen significativamente en la Potencia Calorífica del Biocombustible Sólido de Segunda Generación : La Proporción de Mezcla, la Fuerza de Compresión y el Tiempo de Compresión, al igual que las interacciones de cada una, las mismas que influyen en forma directa en esta propiedad a un nivel de confianza del 95 %, lo que quiere decir que existe diferencia altamente significativa entre ellas respecto a la Potencia Calorífica, por lo que se efectúa la Prueba de Comparaciones Múltiples Duncan para la decisión del tratamiento a aplicarse para la obtención del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto con máxima Potencia Calorífica.

Tabla 5. Análisis de Varianza para la Potencia Calorífica del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto

F. de V	S. C.	Gl	C. M.	F.	Sig
A:Mezcla	40819.6	2	20409.8	39007.49	**
B:Fuerza Compresión	376.273	2	188.137	359.57	**
C:Tiempo Compresión	4180.08	2	2090.04	3994.52	**
AB	110.665	4	27.6663	52.88	**
AC	1089.75	4	272.438	520.69	**
BC	94.2892	4	23.5723	45.05	**
ABC	109.066	8	13.6332	26.06	**
RESIDUOS	28.2543	54	0.523227		
TOTAL (corregido)	46807.9	80			

La Prueba de Comparaciones Múltiples nos indica que la Mezcla 3 compuesta de 95% de Tallos de Quinua y 5% de Hojas de Eucalipto es estadísticamente superior en el efecto sobre el valor de la Potencia Calorífica del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto respecto a las Mezclas 1 y 2, debido a las propiedades químicas de los materiales empleados y su proporción en ella; indicando para la Fuerza de Compresión que el tratamiento 3, equivalente a 140 kg es estadísticamente superior en el efecto sobre el valor de la Potencia Calorífica del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto respecto a las Fuerzas de Compresión 1 y 2.

En el caso del Tiempo de Compresión: el Tiempo 3, equivalente a 100 s, es estadísticamente superior en el efecto sobre el valor de la Potencia Calorífica del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto respecto a los Tiempos de Compresión 1 y 2.

La Prueba de Comparaciones Múltiples permitió encontrar la maximización del universo muestral en la combinación de factores y niveles estableciendo los límites altos, tal como lo refieren Marcos (1994) y FAO (2003) para la Obtención del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto con Máxima Potencia Calorífica en el tratamiento de la Mezcla 3 conformada por 95% de Tallos de Quinua y 5% de Hojas de Eucalipto, con los valores más altos de

Densidad, Humedad y Potencia Calorífica. **“A mayor Fuerza de Compresión y Tiempo de Compresión: menor Humedad, a mayor Densidad y menor Volumen: mayor Valor Calorífico del combustible”**.

En la Figura 3, se observa la Capacidad calorífica alcanzada por las unidades experimentales en los tratamientos aplicados en Mezcla, Fuerza de Compresión y Tiempo de Compresión para la Obtención del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto.

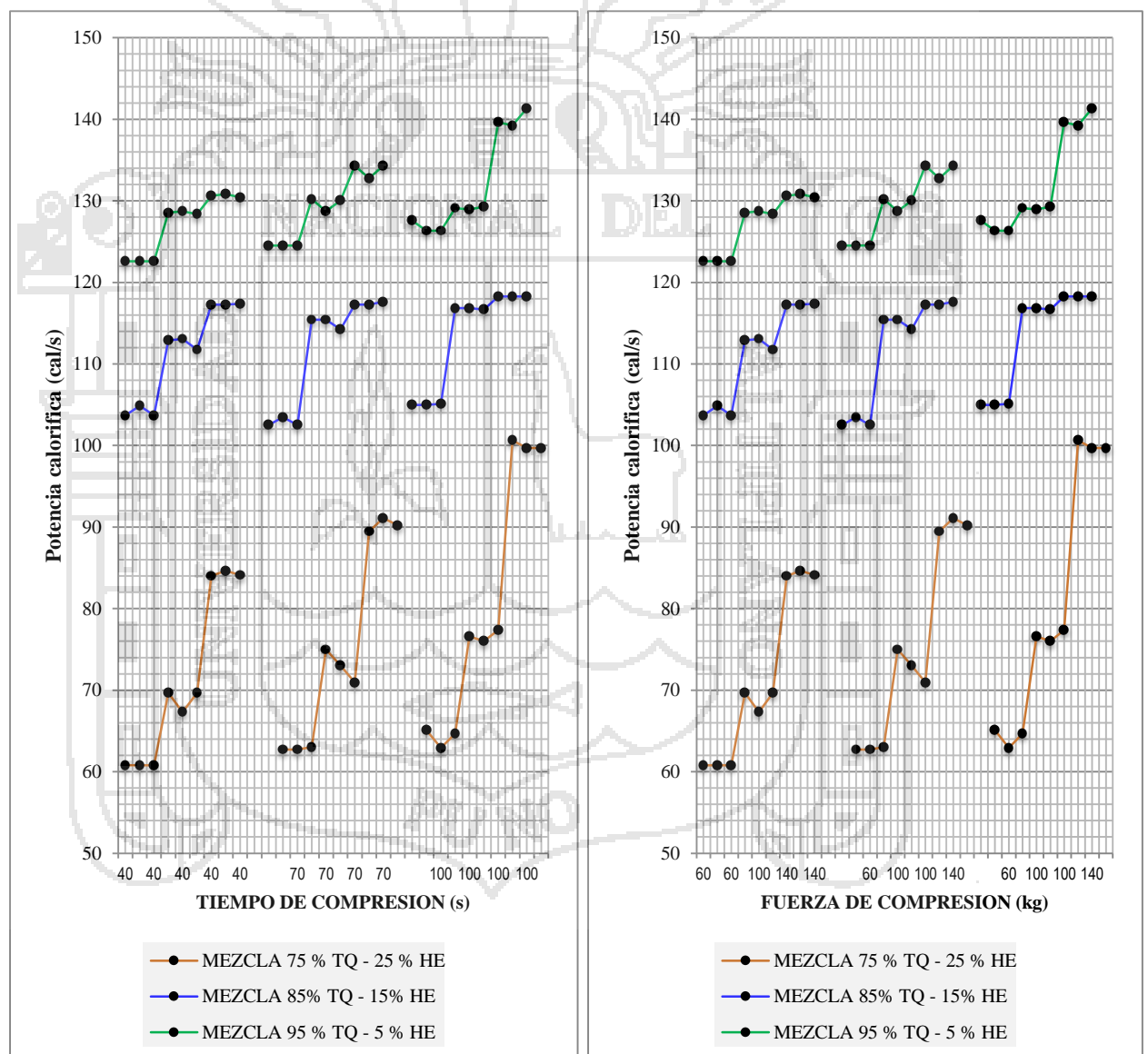


Figura 3. Análisis Integral de la Potencia Calorífica del Biocombustible Sólido de Segunda generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto

CONCLUSIONES

Queda demostrado que las características químicas de los Tallos de quinua y Hojas de Eucalipto como ceniza (4,83 y 10,11 %) grasa (1,88 y 11,29 %), lignina (30,36 y 15,32 %), celulosa (63,26 y 31,23 %) y humedad (10,5 y 10,03) condicionan la Potencia Calorífica del Biocombustible Sólido de Segunda Generación obtenido y brindan condiciones favorables para su utilización en la Tecnología de Densificación Húmeda.

La Potencia Calorífica es afectada directamente por el contenido de humedad, volumen y la densidad de los materiales evaluados y ellos a su vez de su composición propia y característica; como se comprueba con el Ensayo de Combustión, los Tallos de Quinua, por el alto contenido de lignina y celulosa desarrollaron 62.61 kcal/s con una temperatura máxima de 85.87°C en 17.82 min, y las Hojas de Eucalipto, por el alto contenido de grasa y celulosa, desarrollaron 72.52 kcal/s con una temperatura máxima de 81.8°C en 14.43 min.

La Prueba de Ebullición del Agua, en el Ensayo de Combustión permitió que el Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de quinua y Hojas de Eucalipto obtenido por la Tecnología Húmeda, desarrollara una Potencia Calorífica Máxima de 141.36 kcal/s, con temperatura máxima de 88.70 °C en 8.1 min, en la Mezcla-proporción 95 % de Tallos de Quinua y 5 % de Hojas de Eucalipto, con la aplicación de 140 kg de Fuerza de Compactación por 100 s como Tiempo de compactación, mediante la Tecnología de Densificación Húmeda, con las siguientes Características Técnicas: Contenido de Humedad 7,44 %, Contenido de Ceniza 3,57 % y Densidad 0.2638 g/cm³. Siendo esta potencia calorífica muy superior a la de los materiales iniciales y equivalente a un Valor Calorífico de 17.798 MJ/kg, demostrando su Competitividad como Combustible Procesado Limpio y Seguro además de Calidad como Biocombustible Sólido de Segunda Generación frente a otras tecnologías y biocombustibles.

RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer secar los biocombustibles sólidos de segunda generación por convección forzada, es decir en secador o deshumecedor, evitando así que la humedad sea el principal problema durante la combustión; caso contrario hacerlos secar lo más posible homogéneamente en las condiciones dadas a este proceso y almacenarlos en ambiente seco y ventilado.

Estandarizar la Producción de Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de biomasa herbácea y/o biomasa forestal residual existente en la Región Puno mediante la implementación de Normas de Producción, aplicables a las diferentes tecnologías existentes.

Se recomienda la propagación del uso del modelo de la estufa experimental utilizado en la investigación, para el uso del biocombustible sólido de segunda generación obtenido y/o similares; así como la Tecnología Húmeda desarrollada en la investigación para este propósito.


BIBLIOGRAFÍA

- ANKOM Technology. (2015). *Method 12: Acid Detergent Fiber in Feeds Filter Bag Technique (For A200,A2001) Ankom Technology*. Macedon, NY, United States.
- Aprovecho Research Center. (2009). *The Water Boiling Test Version 4.1.2*. Obtenido de <http://www.aprovecho.org/lab/pubs/testing>.
- AVEBIOM. (2008). *Manual de Combustibles de Madera. Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa*. Valladolid, España.
- Barnard G.,KristoffersonL. (1985). *Agricultural Residues as Fuel in the Third World*. Londres.
- Cabezas, R. (2009). *Tesis de grado.Ingeniería Química. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Ingeniería Química*. Riobamba.
- Canas, R. (1998). *Alimentación y Nutrición Animal*. PUCH. Santiago.
- Cengel Y., Boles M. (2012). *Termodinámica. Séptima edición*. McGraw- HILL/ INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.México.
- Chang, R. (2010). *QUÍMICA. DÉCIMA EDICIÓN*. McGRAWW- HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.México.
- Díaz, R. (2010). *Asistencia Técnica sobre Lecciones aprendidas y Recomendaciones para el Desarrollo de Proyectos de Estufas eficientes en Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Panamá*. Oaxaca.
- Enciso, E. (2006). *Guía para el uso y Aprovechamiento de Biomasa en el Sector Forestal*. MITC. España.
- Eriksson S., Prior M. (1990). *The Briquetting of Agricultural Wates for Fuel. Enviroment and Energy.FAO*. Roma.
- FAO. (1981). *El eucalipto en la repoblación forestal. Colección FAO*. Roma.
- FAO. (2003). *UWET Tecnología unificada sobre Dendroenergía*. Roma.
- FAO. (2008). *Bosques y Energía. Cuestiones Claves*. Roma.
- FEDIT. (2011). *Biomasa. Oportunidades para el Sector de Fabricantes de Bienes de Equipo*. España: MINETUR.
- Fernández, J. (2006). Los Resíduos de las Agroindustrias como Biocombustibles Sólidos. *Vida Rural*, 14-18. España.
- Fundación Energía sin Fronteras. (2012). *Biomasa y Desarrollo. Oportunidades de la Biomasa para Mejorar el Acceso Local a la Energía en Comunidades Rurales Aisladas de América Latina*. Gráficas Áncora, S.A. Madrid, España.

- Gallardo, M. Gonzales, A. y Ponessa, G. (1997). *Morfología del Fruto y Semilla de Chenopodium quinoa* Willd. Lilloa.
- García B., Marcos M. & López F. (1977). *Biocombustibles Sólidos y Líquidos Forestales*. Madrid.
- GRP. (2014). *Agenda Ambiental Regional (2014-2015)*. Puno.
- GRP. (2015). *Diagnóstico Regional del Sector Agrario*. DRAP.Puno.
- HLPE. (2013). *Los Biocombustibles y la Seguridad Alimentaria. Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial*. Roma.
- Horwitz, W. (2005). *Official Methods of Analysis association of Official Analytical Chemist 18th Edition*. Whashington D.C. U.S.A..
- IDAE, I. p. (2007). *Energía de la Biomasa*. Madrid.
- IICA-ARPEL. (2009). *Manual de Biocombustibles*. San José, Costa Rica.
- INEI. (2015). *Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2014*. Lima, Perú.
- INIA. (2006). *Liberación de las Nuevas Variedades de Quinoa*. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria. Estación Experimental Agraria ILLPA - PUNO. Puno.
- INIAA. (1998). *Compendio de Alternativas Tecnológicas. E: E: Illpa*. Puno.
- Instituto Cuanto. (2015). *Perú en Números 2015. Anuario Estadístico*. Lima, Perú.
- IPCC. (2011). *Informe Especial sobre Fuentes de Energía Renovables y Mitigación del Cambio Climático del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Resumen para Responsables de Políticas*. New York, E.U.A.
- IPE. (2015). *Índice de Competitividad Regional. Miremos dentro de las Regiones*. Instituto Peruano de Economía. Lima, Perú.
- ISO. (2012). *International Organization for Standardization: Guidelines for evaluating cookstove performance. ISO IWA 11:2012*. Disponible en <http://www.pciaonline.org/proceedings/iso-international-workshop-clean-and-efficient-cookstoves> . Ginebra, Suiza.
- Janzack, J. (1981). *Técnicas simples para la obtención de combustibles básicos. Estudio de la FAO para la conferencia de las Naciones Unidas sobre fuentes de Energías Nuevas y Renovables nuevas y*. Nairobi: FAO.
- Malca, O. (2000). *Seminario de Agronegocios* Universidad del Pacífico. Lima.
- Marcos, M. (1994). Pelets y Briquetas. *Ecología*, 54 - 62.
- OEA. (2007). *Nuevas Oportunidades para la Energía Sostenible en Respuesta al Cambio Climático. Organización de los Estados Americanos*. Brasil.

- OLADE. (2011). *Manual de Estadísticas Energéticas*. OLADE. Quito.
- OLADE. (2012). *Cadena de Producción Sustentable de Bioqueroseno en la América Latina y el Caribe vinculada a los Territorios Rurales*. Quito, Ecuador.
- OLADE-IICA. (2010). *Situación de los Biocombustibles de 2da y 3ra Generación en América Latina y Caribe*. Quito, Ecuador: OLADE.
- Prando, R. (1996). *Manual de Gestión de la Calidad Ambiental, Proyecto gestión de Calidad*. Lima.: OEA-GTZ.
- Quispe, P. (2004). *Aspectos económicos de la Producción de la Quinoa*. UNA :Puno.
- Repo - Carrasco, R. (1998). *Introducción a la Ciencia y Tecnología de Cereales y Granos Andinos*. Lima: Agraria.
- RWEDP/ FAO. (2002). *"Wood energy basics". Regional Wood Energy Development. Programme in Asia, Bangkok, Thailand*. RWEDP. Bangkok.
- Sebastián F., García D., Reseau A. (2010). *Energía de la Biomasa (volumen I)*. Zaragoza, España: Prensas Universitarias de Zaragoza.
- SEMA, S. d. (1999). *Alternativas de Gestión de Resíduos Sólidos Industriales de la Ciudad de Montevideo 1999-2000*. SEMA. Montevideo.
- SENCICO. (2011). *Reglamento para la Evaluación y Certificación de la Cocina Mejorada*. Lima, Perú: SENCICO.
- Stanley, R. (2003). *Briquetting: An Answer to Desertification, Health Problems, Unemployment and Reforestation in Developing Communities*.
- Stanley, R. (2003). *Fuel Briquettes: Theory and Applications From Around The World*. The Legacy Foundation.
- Tambutti, R., Muñóz, H. (2005). *Física 1*. Limusa, S.A. DE C.V. GRUPO NORIEGA EDITORES. México D.F. México
- Tapia, M. y Castro, J.N. (1968). *Digestibilidad de la Broza de la Quinoa y Cañihua por ovinos mejorados y ovinos no mejorados (chuscos)*. In: *I Convención de Quenopidiáceas, UNiversidad Nacional Técnica del Altiplano*. Puno: UNTA.
- Toledo, M. (2008). *Tesis de pregrado. Ingeniería en Biotecnología Ambiental. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Ciencias Químicas*. Ecuador.
- UNESCO. (2010). *Tecnología y Biocombustibles de Segunda Generación: Una herramienta para la toma de decisiones*. UNESCO. Montevideo, Uruguay.
- WEO. (2012). *World Energy Outlook 2012. Resumen Ejecutivo. World Energy Outlook*. Paris: WEO.





ANEXO 1. Propiedades Químicas y Energéticas de los Tallos de Quinua y las Hojas de Eucalipto.



Anexo 1.1: Ensayo de Humedad, Cenizas, Celulosa, Lignina y Grasa de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto.



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario N° 1150, Telf.: (051)599430 / IP. 10301 / (051) 366080



LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

INFORME DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS
Nro. 00051-2014

SOLICITANTE : BACH. Anamelba, BALTAZAR LAURA
 TESIS : "Obtencion de Biocombustible solido de segunda generacion a partir de tallos de Quinua (*Chenopodium guinos willd*) y hojas de eucalipto (*Eucaliptus glubulus*), con máxima potencia calorífica"

ESCUELA PROFESIONAL : INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
 FACULTAD : CIENCIAS AGRARIAS
 PRODUCTOS : - Tallo de quinua
 - Hoja de eucaliptus

ENSAYO SOLICITADO : - HUMEDAD
 - CENIZAS
 - CELULOSA
 - LIGNINA
 - GRASA

FECHA DE RECEPCION : 28 de Agosto del 2014
 FECHA DE ENSAYO : 28 de Agosto del 2014
 FECHA DE EMISION : 01 de Setiembre del 2014

RESULTADOS:
 De acuerdo al Informe de los Análisis de Laboratorio que obra en los archivos los resultados son:

PRODUCTO	% MATERIA SECA	% HUMEDAD	% CENIZAS	% CELULOSA	% LIGNINA	% GRASA
TALLOS DE QUINUA R 1	89,90	10,10	4,96	63,80	30,28	1,88
R 2	90,25	9,75	4,68	62,82	29,85	1,91
R 3	88,35	11,65	4,85	63,15	30,95	1,86
HOJAS DE EUCALIPTO R 1	90,28	9,72	10,45	31,54	15,16	11,29
R 2	90,86	9,14	9,86	30,29	15,28	11,32
R 3	88,75	11,25	10,02	31,85	15,53	11,27

CONCLUSIÓN : Las muestras analizadas están conformes, resultados expresados en base seca.

Puno, C. U. 01 de Setiembre del 2014



Ingº OSWALDO ARRASI ALCA
 Control de Calidad de Alimentos
 LABORATORIO
 C.I.P. 160625



M.Sc. Roger Segura Peña
 INGENIERO AGROINDUSTRIAL
 C.I.P. 61509

Anexo 1.2: Análisis estadístico de Propiedades Químicas de Tallos de Quinua Y Hojas de Eucalipto.

Anexo 1.2.1: Prueba t P ($T \leq t$) dos colas para Humedad - dos muestras con varianzas iguales.

	Tallos de Quinua	Hojas de Eucalipto
Media	10.5	10.03666667
Varianza	1.0225	1.188233333
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	1.105366667	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	0.539741725	
P($T \leq t$) una cola	0.309009692	
Valor crítico de t (una cola)	2.131846786	
P($T \leq t$) dos colas	0.618019385	
Valor crítico de t (dos colas)	2.776445105	

Hipótesis nula: No existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de humedad en cuanto a los materiales evaluados

Hipótesis alterna: Si existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de humedad en cuanto a los materiales evaluados

Por lo tanto: Se acepta Hipótesis Nula

Anexo 1.2.2: Prueba t P ($T \leq t$) dos colas para Ceniza - dos muestras con varianzas iguales.

	Tallos de Quinua	Hojas de Eucalipto
Media	4.83	10.11
Varianza	0.0199	0.0931
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	0.0565	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-27.20541331	
P($T \leq t$) una cola	5.42748E-06	
Valor crítico de t (una cola)	2.131846786	
P($T \leq t$) dos colas	0.0000108549588	
Valor crítico de t (dos colas)	2.776445105	

Hipótesis nula: No existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de ceniza en cuanto a los materiales evaluados.

Hipótesis alterna: Si existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de ceniza en cuanto a los materiales evaluados.

Por lo tanto: Se rechaza Hipótesis nula

Anexo 1.2.3: Prueba t P ($T \leq t$) dos colas para Celulosa - dos muestras con varianzas iguales.

	Tallos de Quinua	Hojas de Eucalipto
Media	63.25666667	31.22666667
Varianza	0.248633333	0.682033333
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	0.465333333	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	57.50697011	
P($T \leq t$) una cola	2.73756E-07	
Valor crítico de t (una cola)	2.131846786	
P($T \leq t$) dos colas	0.0000005475129	
Valor crítico de t (dos colas)	2.776445105	

Hipótesis nula: No existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de celulosa en cuanto a los materiales evaluados

Hipótesis alterna: Si existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de celulosa en cuanto a los materiales evaluados

Por lo tanto: Se rechaza Hipótesis nula

Anexo 1.2.4: Prueba t P ($T \leq t$) dos colas para Lignina - para dos muestras con varianzas iguales

	Tallos de Quinua	Hojas de Eucalipto
Media	30.36	15.32333333
Varianza	0.3073	0.035633333
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	0.171466667	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	44.47411854	
P($T \leq t$) una cola	7.6424E-07	
Valor crítico de t (una cola)	2.131846786	
P($T \leq t$) dos colas	0.0000015284790	
Valor crítico de t (dos colas)	2.776445105	

Hipótesis nula: No existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de Lignina en cuanto a los materiales evaluados

Hipótesis alterna: Si existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de Lignina en cuanto a los materiales evaluados

Por lo tanto: Se rechaza Hipótesis nula

Anexo 1.2.5: Prueba t P ($T \leq t$) dos colas para Grasa - dos muestras con varianzas iguales.

	Tallos de Quinua	Hojas de Eucalipto
Media	1.883333333	11.29333333
Varianza	0.000633333	0.000633333
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	0.000633333	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-457.9510719	
P($T \leq t$) una cola	6.82073E-11	
Valor crítico de t (una cola)	2.131846786	
P($T \leq t$) dos colas	0.0000000001364	
Valor crítico de t (dos colas)	2.776445105	

Hipótesis nula: No existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de grasa en cuanto a los materiales evaluados.

Hipótesis alterna: Si existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de grasa en cuanto a los materiales evaluados.

Por lo tanto: Se rechaza hipótesis nula.





ANEXO 2. Potencia Calorífica de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto.

Anexo 2.1: Potencia calorífica de Tallos de Quinua

Repet.	Temperatura máxima alcanzada del agua (°C)	Calor absorbida por el agua (Kcal)	Tiempo transcurrido (s)	Potencia calorífica (Cal/s)
R1	86.10	67.10	1021.20	60.68
R2	85.30	66.30	1105.80	64.92
R3	86.20	67.20	1080.00	62.22

FUENTE: Elaboración Propia.

Anexo 2.2: Potencia Calorífica de Hojas de Eucalipto

Repet.	Temperatura máxima alcanzada del agua (°C)	Calor absorbida por el agua (Kcal)	Tiempo transcurrido (s)	Potencia calorífica (Cal/s)
R1	82.00	63.0	870.0	72.41
R2	81.60	62.6	870.0	71.95
R3	81.80	62.8	858.0	73.19

FUENTE: Elaboración Propia.

Anexo 2.3: Análisis estadístico de la Potencia Calorífica de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto.

Anexo 2.3.1: Prueba t $P(T \leq t)$ dos colas para Temperatura máxima alcanzada por el agua- muestras con varianzas iguales.

	Tallos de Quinua	Hojas de Eucalipto
Media	85.86666667	81.8
Varianza	0.243333333	0.04
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	0.141666667	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	13.23275793	
$P(T \leq t)$ una cola	9.42244E-05	
Valor crítico de t (una cola)	2.131846786	
$P(T \leq t)$ dos colas	0.000188449	
Valor crítico de t (dos colas)	2.776445105	

Hipótesis nula: No existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de temperatura máxima alcanzada por agua en cuanto a los materiales evaluados

Hipótesis alterna: Si existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de temperatura máxima alcanzada por agua en cuanto a los materiales evaluados

Por lo tanto: Se rechaza Hipótesis nula

Anexo 2.3.2: Prueba t P ($T \leq t$) dos colas para La calor absorbida por el agua - muestras con varianzas iguales.

	Tallos de Quinoa	Hojas de Eucalipto
Media	66.86666667	62.8
Varianza	0.243333333	0.04
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	0.141666667	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	13.23275793	
P($T \leq t$) una cola	9.42244E-05	
Valor crítico de t (una cola)	2.131846786	
P($T \leq t$) dos colas	0.000188449	
Valor crítico de t (dos colas)	2.776445105	

Hipótesis nula: No existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de calor absorbida por el agua en cuanto a los materiales evaluados.

Hipótesis alterna: Si existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de calor absorbida por el agua en cuanto a los materiales evaluados.

Por lo tanto: Se rechaza hipótesis nula

Anexo 2.3.3: Prueba t P ($T \leq t$) dos colas para el Tiempo transcurrido - muestras con varianzas distintas.

	Tallos de Quinoa	Hojas de Eucalipto
Media	1069	866
Varianza	1880.04	48
Observaciones	3	3
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	8.007531309	
P($T \leq t$) una cola	0.007620009	
Valor crítico de t (una cola)	2.91998558	
P($T \leq t$) dos colas	0.015240018	
Valor crítico de t (dos colas)	4.30265273	

Hipótesis nula: No existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de tiempo transcurrido en cuanto a los materiales evaluados

Hipótesis alterna: Si existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de tiempo transcurrido en cuanto a los materiales evaluados

Por lo tanto: Se rechaza hipótesis nula

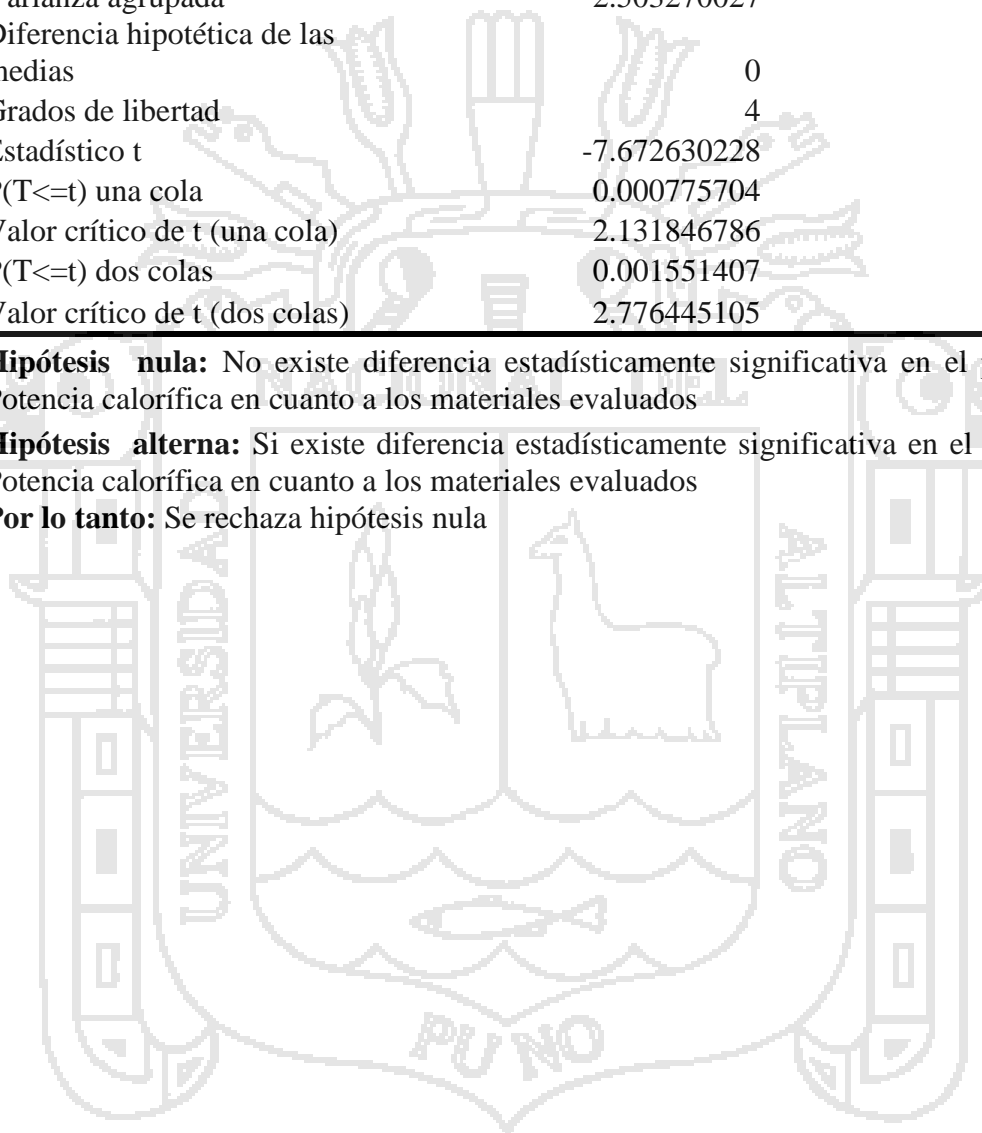
Anexo 2.3.4: Prueba t P ($T \leq t$) dos colas para La Potencia calorífica - muestras con varianzas iguales.

	Tallos de Quinua	Hojas de Eucalipto
Media	62.60863071	72.52042976
Varianza	4.613952319	0.392587735
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	2.503270027	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-7.672630228	
P($T \leq t$) una cola	0.000775704	
Valor crítico de t (una cola)	2.131846786	
P($T \leq t$) dos colas	0.001551407	
Valor crítico de t (dos colas)	2.776445105	

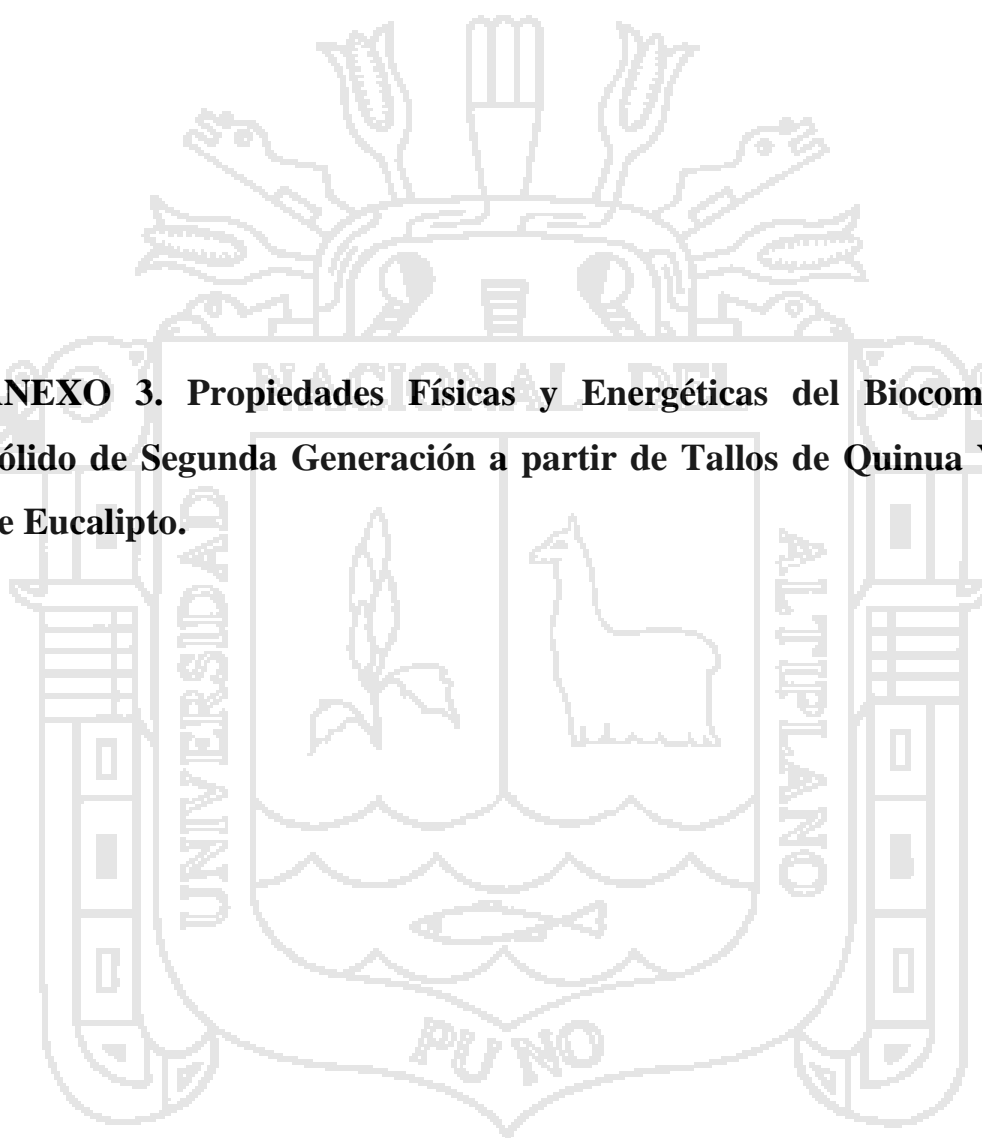
Hipótesis nula: No existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de Potencia calorífica en cuanto a los materiales evaluados

Hipótesis alterna: Si existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de Potencia calorífica en cuanto a los materiales evaluados

Por lo tanto: Se rechaza hipótesis nula



ANEXO 3. Propiedades Físicas y Energéticas del Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua Y Hojas de Eucalipto.



Anexo 3.1: Densidad de Biocombustible Sólido de Segunda Generación a Partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto.cm³

Un. Exp.	Rep.	TQ (%)	HE (%)	FC (Kg)	Vol. (cm ³)	EFC (kg/cm ³)	Tiempo (s)	Peso de BSSG (g)	DENSIDAD (gr/cm ³)
1	1	75.00	25.00	60.00	368.15	0.160	1020	90.200	0.2450
	2	75.00	25.00	60.00	368.15	0.160	1020	90.350	0.2454
	3	75.00	25.00	60.00	368.15	0.160	1020	90.500	0.2458
2	1	75.00	25.00	60.00	368.15	0.163	990	90.650	0.2462
	2	75.00	25.00	60.00	368.15	0.163	990	90.800	0.2466
	3	75.00	25.00	60.00	368.15	0.163	990	90.950	0.2470
3	1	75.00	25.00	60.00	368.15	0.163	960	91.100	0.2475
	2	75.00	25.00	60.00	368.15	0.163	990	91.250	0.2479
	3	75.00	25.00	60.00	368.15	0.163	960	91.400	0.2483
4	1	75.00	25.00	100.00	368.15	0.272	900	91.800	0.2494
	2	75.00	25.00	100.00	368.15	0.272	930	92.000	0.2499
	3	75.00	25.00	100.00	368.15	0.272	900	92.100	0.2502
5	1	75.00	25.00	100.00	368.15	0.272	840	92.110	0.2502
	2	75.00	25.00	100.00	368.15	0.272	864	92.120	0.2502
	3	75.00	25.00	100.00	368.15	0.272	888	92.130	0.2503
6	1	75.00	25.00	100.00	368.15	0.272	828	92.160	0.2503
	2	75.00	25.00	100.00	368.15	0.272	834	92.170	0.2504
	3	75.00	25.00	100.00	368.15	0.272	822	92.190	0.2504
7	1	75.00	25.00	140.00	368.15	0.407	762	92.200	0.2504
	2	75.00	25.00	140.00	368.15	0.407	756	92.215	0.2503
	3	75.00	25.00	140.00	368.15	0.407	762	92.225	0.2504
8	1	75.00	25.00	140.00	368.15	0.407	720	92.235	0.2504
	2	75.00	25.00	140.00	368.15	0.407	708	92.245	0.2504

	3	75.00	25.00	140.00	368.15	0.407	714	92.265	0.2503
9	1	75.00	25.00	140.00	368.15	0.407	642	92.275	0.2504
	2	75.00	25.00	140.00	368.15	0.407	648	92.285	0.2504
	3	75.00	25.00	140.00	368.15	0.407	648	92.295	0.2504
10	1	85.00	15.00	60.00	368.15	0.163	624	92.583	0.2515
	2	85.00	15.00	60.00	368.15	0.163	618	92.633	0.2516
	3	85.00	15.00	60.00	368.15	0.163	624	92.643	0.2516
11	1	85.00	15.00	60.00	368.15	0.163	636	92.653	0.2517
	2	85.00	15.00	60.00	368.15	0.163	630	92.663	0.2517
	3	85.00	15.00	60.00	368.15	0.163	636	92.693	0.2518
12	1	85.00	15.00	60.00	368.15	0.163	624	92.703	0.2518
	2	85.00	15.00	60.00	368.15	0.163	624	92.713	0.2518
	3	85.00	15.00	60.00	368.15	0.163	624	92.723	0.2519
13	1	85.00	15.00	100.00	368.15	0.272	582	93.000	0.2526
	2	85.00	15.00	100.00	368.15	0.272	582	93.020	0.2527
	3	85.00	15.00	100.00	368.15	0.272	588	93.030	0.2527
14	1	85.00	15.00	100.00	368.15	0.272	570	93.040	0.2527
	2	85.00	15.00	100.00	368.15	0.272	570	93.070	0.2528
	3	85.00	15.00	100.00	368.15	0.272	576	93.080	0.2528
15	1	85.00	15.00	100.00	368.15	0.272	564	93.090	0.2529
	2	85.00	15.00	100.00	368.15	0.272	564	93.110	0.2529
	3	85.00	15.00	100.00	368.15	0.272	564	93.120	0.2529
16	1	85.00	15.00	140.00	368.15	0.407	562.8	95.933	0.2606
	2	85.00	15.00	140.00	368.15	0.407	562.8	95.955	0.2606
	3	85.00	15.00	140.00	368.15	0.407	562.2	95.965	0.2607
17	1	85.00	15.00	140.00	368.15	0.407	561	95.975	0.2607
	2	85.00	15.00	140.00	368.15	0.407	561	96.008	0.2608
	3	85.00	15.00	140.00	368.15	0.407	561	96.018	0.2608
18	1	85.00	15.00	140.00	368.15	0.407	558	96.028	0.2608

	2	85.00	15.00	140.00	368.15	0.407	558	96.043	0.2609
	3	85.00	15.00	140.00	368.15	0.407	558	96.053	0.2609
19	1	95.00	5.00	60.00	368.15	0.163	540	96.767	0.2628
	2	95.00	5.00	60.00	368.15	0.163	540	96.770	0.2629
	3	95.00	5.00	60.00	368.15	0.163	540	96.770	0.2629
20	1	95.00	5.00	60.00	368.15	0.163	534	96.777	0.2629
	2	95.00	5.00	60.00	368.15	0.163	534	96.787	0.2629
	3	95.00	5.00	60.00	368.15	0.163	534	96.797	0.2629
21	1	95.00	5.00	60.00	368.15	0.163	522	96.807	0.2630
	2	95.00	5.00	60.00	368.15	0.163	528	96.817	0.2630
	3	95.00	5.00	60.00	368.15	0.163	528	96.827	0.2630
22	1	95.00	5.00	100.00	368.15	0.272	522	96.967	0.2634
	2	95.00	5.00	100.00	368.15	0.272	522	97.000	0.2635
	3	95.00	5.00	100.00	368.15	0.272	522	97.010	0.2635
23	1	95.00	5.00	100.00	368.15	0.272	516	97.030	0.2636
	2	95.00	5.00	100.00	368.15	0.272	522	97.040	0.2636
	3	95.00	5.00	100.00	368.15	0.272	516	97.050	0.2636
24	1	95.00	5.00	100.00	368.15	0.272	522	97.080	0.2637
	2	95.00	5.00	100.00	368.15	0.272	522	97.090	0.2637
	3	95.00	5.00	100.00	368.15	0.272	522	97.105	0.2638
25	1	95.00	5.00	140.00	368.15	0.407	516	97.115	0.2638
	2	95.00	5.00	140.00	368.15	0.407	516	97.167	0.2639
	3	95.00	5.00	140.00	368.15	0.407	516	97.267	0.2642
26	1	95.00	5.00	140.00	368.15	0.407	504	97.367	0.2645
	2	95.00	5.00	140.00	368.15	0.407	510	97.367	0.2645
	3	95.00	5.00	140.00	368.15	0.407	504	97.537	0.2649
27	1	95.00	5.00	140.00	368.15	0.407	492	97.637	0.2652
	2	95.00	5.00	140.00	368.15	0.407	492	97.737	0.2655
	3	95.00	5.00	140.00	368.15	0.407	486	97.837	0.2658

**Anexo 3.2: Contenido de Humedad del Biocombustible Sólido de Segunda
Generación a Partir de Tallos de Quinua y hojas de Eucalipto**

Un. Exp.	Rep.	TQ (%)	HE (%)	FC (kg)	TC (s)	HUMEDAD BSSG (%)
1	1	75.00	25.00	60.00	40.00	7.59
	2	75.00	25.00	60.00	40.00	7.59
	3	75.00	25.00	60.00	40.00	7.59
2	1	75.00	25.00	60.00	70.00	7.58
	2	75.00	25.00	60.00	70.00	7.58
	3	75.00	25.00	60.00	70.00	7.58
3	1	75.00	25.00	60.00	100.00	7.57
	2	75.00	25.00	60.00	100.00	7.57
	3	75.00	25.00	60.00	100.00	7.57
4	1	75.00	25.00	100.00	40.00	7.56
	2	75.00	25.00	100.00	40.00	7.56
	3	75.00	25.00	100.00	40.00	7.56
5	1	75.00	25.00	100.00	70.00	7.56
	2	75.00	25.00	100.00	70.00	7.56
	3	75.00	25.00	100.00	70.00	7.56
6	1	75.00	25.00	100.00	100.00	7.55
	2	75.00	25.00	100.00	100.00	7.55
	3	75.00	25.00	100.00	100.00	7.55
7	1	75.00	25.00	140.00	40.00	7.55
	2	75.00	25.00	140.00	40.00	7.55
	3	75.00	25.00	140.00	40.00	7.55
8	1	75.00	25.00	140.00	70.00	7.55
	2	75.00	25.00	140.00	70.00	7.55
	3	75.00	25.00	140.00	70.00	7.55
9	1	75.00	25.00	140.00	100.00	7.54
	2	75.00	25.00	140.00	100.00	7.54
	3	75.00	25.00	140.00	100.00	7.54
10	1	85.00	15.00	60.00	40.00	7.53



	2	85.00	15.00	60.00	40.00	7.53
	3	85.00	15.00	60.00	40.00	7.53
11	1	85.00	15.00	60.00	70.00	7.53
	2	85.00	15.00	60.00	70.00	7.53
	3	85.00	15.00	60.00	70.00	7.53
12	1	85.00	15.00	60.00	100.00	7.53
	2	85.00	15.00	60.00	100.00	7.53
	3	85.00	15.00	60.00	100.00	7.53
13	1	85.00	15.00	100.00	40.00	7.52
	2	85.00	15.00	100.00	40.00	7.52
	3	85.00	15.00	100.00	40.00	7.52
14	1	85.00	15.00	100.00	70.00	7.52
	2	85.00	15.00	100.00	70.00	7.52
	3	85.00	15.00	100.00	70.00	7.52
15	1	85.00	15.00	100.00	100.00	7.52
	2	85.00	15.00	100.00	100.00	7.52
	3	85.00	15.00	100.00	100.00	7.52
16	1	85.00	15.00	140.00	40.00	7.5
	2	85.00	15.00	140.00	40.00	7.5
	3	85.00	15.00	140.00	40.00	7.5
17	1	85.00	15.00	140.00	70.00	7.5
	2	85.00	15.00	140.00	70.00	7.5
	3	85.00	15.00	140.00	70.00	7.5
18	1	85.00	15.00	140.00	100.00	7.49
	2	85.00	15.00	140.00	100.00	7.49
	3	85.00	15.00	140.00	100.00	7.49
19	1	95.00	5.00	60.00	40.00	7.48
	2	95.00	5.00	60.00	40.00	7.48
	3	95.00	5.00	60.00	40.00	7.48
20	1	95.00	5.00	60.00	70.00	7.48
	2	95.00	5.00	60.00	70.00	7.47
	3	95.00	5.00	60.00	70.00	7.48
21	1	95.00	5.00	60.00	100.00	7.48



	2	95.00	5.00	60.00	100.00	7.48
	3	95.00	5.00	60.00	100.00	7.48
22	1	95.00	5.00	100.00	40.00	7.47
	2	95.00	5.00	100.00	40.00	7.47
	3	95.00	5.00	100.00	40.00	7.47
23	1	95.00	5.00	100.00	70.00	7.47
	2	95.00	5.00	100.00	70.00	7.47
	3	95.00	5.00	100.00	70.00	7.47
24	1	95.00	5.00	100.00	100.00	7.47
	2	95.00	5.00	100.00	100.00	7.46
	3	95.00	5.00	100.00	100.00	7.46
25	1	95.00	5.00	140.00	40.00	7.45
	2	95.00	5.00	140.00	40.00	7.45
	3	95.00	5.00	140.00	40.00	7.45
26	1	95.00	5.00	140.00	70.00	7.44
	2	95.00	5.00	140.00	70.00	7.44
	3	95.00	5.00	140.00	70.00	7.44
27	1	95.00	5.00	140.00	100.00	7.44
	2	95.00	5.00	140.00	100.00	7.44
	3	95.00	5.00	140.00	100.00	7.44

**Anexo 3.3: Potencia Calorífica de Biocombustible Sólido de Segunda Generación a
Partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto**

Un. Exp.	Rep.	TQ (%)	HE (%)	FC (kg)	TC (s)	Temp. Máx (°C)	Temp. Inicial (°C)	Calor Abs. (kcal)	Tiempo (s)	POTENCIA CALORIFICA de BSSG (cal/s)
1	1	75.00	25.00	60.00	40.00	82	20	62	1020	60.78
	2	75.00	25.00	60.00	40.00	82	20	62	1020	60.78
	3	75.00	25.00	60.00	40.00	82	20	62	1020	60.78
2	1	75.00	25.00	60.00	70.00	82.1	20	62.1	990	62.73
	2	75.00	25.00	60.00	70.00	82.1	20	62.1	990	62.73
	3	75.00	25.00	60.00	70.00	82.4	20	62.4	990	63.03
3	1	75.00	25.00	60.00	100.00	82.5	20	62.5	960	65.10
	2	75.00	25.00	60.00	100.00	82.3	20	62.3	990	62.93
	3	75.00	25.00	60.00	100.00	82.1	20	62.1	960	64.69
4	1	75.00	25.00	100.00	40.00	82.7	20	62.7	900	69.67
	2	75.00	25.00	100.00	40.00	82.6	20	62.6	930	67.31
	3	75.00	25.00	100.00	40.00	82.7	20	62.7	900	69.67
5	1	75.00	25.00	100.00	70.00	83	20	63	840	75.00
	2	75.00	25.00	100.00	70.00	83.1	20	63.1	864	73.03
	3	75.00	25.00	100.00	70.00	83	20	63	888	70.95
6	1	75.00	25.00	100.00	100.00	83.4	20	63.4	828	76.57
	2	75.00	25.00	100.00	100.00	83.4	20	63.4	834	76.02
	3	75.00	25.00	100.00	100.00	83.6	20	63.6	822	77.37
7	1	75.00	25.00	140.00	40.00	84	20	64	762	83.99
	2	75.00	25.00	140.00	40.00	84	20	64	756	84.66
	3	75.00	25.00	140.00	40.00	84.1	20	64.1	762	84.12
8	1	75.00	25.00	140.00	70.00	84.4	20	64.4	720	89.44
	2	75.00	25.00	140.00	70.00	84.5	20	64.5	708	91.10
	3	75.00	25.00	140.00	70.00	84.4	20	64.4	714	90.20
9	1	75.00	25.00	140.00	100.00	84.6	20	64.6	642	100.62
	2	75.00	25.00	140.00	100.00	84.6	20	64.6	648	99.69



	3	75.00	25.00	140.00	100.00	84.6	20	64.6	648	99.69
10	1	85.00	15.00	60.00	40.00	84.7	20	64.7	624	103.69
	2	85.00	15.00	60.00	40.00	84.8	20	64.8	618	104.85
	3	85.00	15.00	60.00	40.00	84.7	20	64.7	624	103.69
11	1	85.00	15.00	60.00	70.00	85.2	20	65.2	636	102.52
	2	85.00	15.00	60.00	70.00	85.2	20	65.2	630	103.49
	3	85.00	15.00	60.00	70.00	85.2	20	65.2	636	102.52
12	1	85.00	15.00	60.00	100.00	85.5	20	65.5	624	104.97
	2	85.00	15.00	60.00	100.00	85.5	20	65.5	624	104.97
	3	85.00	15.00	60.00	100.00	85.6	20	65.6	624	105.13
13	1	85.00	15.00	100.00	40.00	85.7	20	65.7	582	112.89
	2	85.00	15.00	100.00	40.00	85.8	20	65.8	582	113.06
	3	85.00	15.00	100.00	40.00	85.7	20	65.7	588	111.73
14	1	85.00	15.00	100.00	70.00	85.8	20	65.8	570	115.44
	2	85.00	15.00	100.00	70.00	85.8	20	65.8	570	115.44
	3	85.00	15.00	100.00	70.00	85.8	20	65.8	576	114.24
15	1	85.00	15.00	100.00	100.00	85.9	20	65.9	564	116.84
	2	85.00	15.00	100.00	100.00	85.9	20	65.9	564	116.84
	3	85.00	15.00	100.00	100.00	85.8	20	65.8	564	116.67
16	1	85.00	15.00	140.00	40.00	86	20	66	562.8	117.27
	2	85.00	15.00	140.00	40.00	86	20	66	562.8	117.27
	3	85.00	15.00	140.00	40.00	86	20	66	562.2	117.40
17	1	85.00	15.00	140.00	70.00	85.8	20	65.8	561	117.29
	2	85.00	15.00	140.00	70.00	85.8	20	65.8	561	117.29
	3	85.00	15.00	140.00	70.00	86	20	66	561	117.65
18	1	85.00	15.00	140.00	100.00	86	20	66	558	118.28
	2	85.00	15.00	140.00	100.00	86	20	66	558	118.28
	3	85.00	15.00	140.00	100.00	86	20	66	558	118.28
19	1	95.00	5.00	60.00	40.00	86.2	20	66.2	540	122.59
	2	95.00	5.00	60.00	40.00	86.2	20	66.2	540	122.59
	3	95.00	5.00	60.00	40.00	86.2	20	66.2	540	122.59
20	1	95.00	5.00	60.00	70.00	86.5	20	66.5	534	124.53
	2	95.00	5.00	60.00	70.00	86.5	20	66.5	534	124.53



	3	95.00	5.00	60.00	70.00	86.5	20	66.5	534	124.53
21	1	95.00	5.00	60.00	100.00	86.6	20	66.6	522	127.59
	2	95.00	5.00	60.00	100.00	86.7	20	66.7	528	126.33
	3	95.00	5.00	60.00	100.00	86.7	20	66.7	528	126.33
22	1	95.00	5.00	100.00	40.00	87.1	20	67.1	522	128.54
	2	95.00	5.00	100.00	40.00	87.2	20	67.2	522	128.74
	3	95.00	5.00	100.00	40.00	87	20	67	522	128.35
23	1	95.00	5.00	100.00	70.00	87.2	20	67.2	516	130.23
	2	95.00	5.00	100.00	70.00	87.2	20	67.2	522	128.74
	3	95.00	5.00	100.00	70.00	87.1	20	67.1	516	130.04
24	1	95.00	5.00	100.00	100.00	87.4	20	67.4	522	129.12
	2	95.00	5.00	100.00	100.00	87.3	20	67.3	522	128.93
	3	95.00	5.00	100.00	100.00	87.5	20	67.5	522	129.31
25	1	95.00	5.00	140.00	40.00	87.4	20	67.4	516	130.62
	2	95.00	5.00	140.00	40.00	87.5	20	67.5	516	130.81
	3	95.00	5.00	140.00	40.00	87.3	20	67.3	516	130.43
26	1	95.00	5.00	140.00	70.00	87.7	20	67.7	504	134.33
	2	95.00	5.00	140.00	70.00	87.7	20	67.7	510	132.75
	3	95.00	5.00	140.00	70.00	87.7	20	67.7	504	134.33
27	1	95.00	5.00	140.00	100.00	88.7	20	68.7	492	139.63
	2	95.00	5.00	140.00	100.00	88.5	20	68.5	492	139.23
	3	95.00	5.00	140.00	100.00	88.7	20	68.7	486	141.36

FUENTE: Elaboración Propia.

Anexo 3.4: Análisis de Comparaciones Múltiples DUNCAN para el Biocombustible Solido de Segunda Generación a Partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto

a. DUNCAN DENSIDAD

Mezcla	Código	Media	Sig.
95%TQ - 5%HE	3	0.263741	a
85%TQ - 15%HE	2	0.255081	b
75%TQ - 25%HE	1	0.249052	c

Fuerza de Compresión	Código	Media	Sig.
140 kg	3	0.256278	a
100 kg	2	0.255956	b
60 kg	1	0.255641	c

Tiempo de Compresión	Código	Media	Sig.
100 s	3	0.258611	a
70 s	2	0.255507	b
40 s	1	0.253756	c

Mezcla por Fuerza de Compresión	Media	Sig.
3,3	0.264078	a
3,2	0.263711	b
3,1	0.263433	c
2,3	0.2552	d
2,2	0.255089	e
2,1	0.254956	f
1,3	0.249556	g
1,2	0.249067	h
1,1	0.248533	i

Mezcla por Tiempo de Compresión	Media	Sig.
3,3	0.2647	a
3,2	0.2636	b
3,1	0.262922	c
2,3	0.260756	d
2,2	0.252778	e
2,1	0.251711	f
1,3	0.250378	g
1,2	0.250144	h
1,1	0.246633	i

Fuerza de Compresión por Tiempo de Compresión	Media	Sig.
3,3	0.258922	a
2,3	0.258589	b
31,3	0.258322	c
3,2	0.255667	d
2,2	0.255533	e
1,2	0.255322	f
3,1	0.254244	g
2,1	0.253744	h
1,1	0.253278	i

b. DUNCAN HUMEDAD

Mezcla	Código	Media	Sig.
75%TQ - 25%HE	1	7.56111	a
85%TQ - 15%HE	2	7.51556	b
95%TQ - 5%HE	3	7.46333	c

Fuerza de Compresión	Código	Media	Sig.
60 kg	1	7.51667	a
100 kg	2	7.51407	b
140 kg	3	7.50926	c

Tiempo de Compresión	Código	Media	Sig.
40 s	1	7.52963	a
70 s	2	7.51481	b
100 s	3	7.49556	c

Mezcla por Fuerza de Compresión	Media	Sig.
1,1	7.54222	a
1,2	7.52222	b
1,3	7.51667	c
2,1	7.51667	c
2,2	7.51667	c
2,3	7.51333	d
3,1	7.49889	e
3,2	7.49333	f
3,3	7.49333	f

Mezcla por Tiempo de Compresión	Media	Sig.
1,1	7.58	a
1,2	7.55667	b
1,3	7.54667	c
2,1	7.53	d
2,2	7.52	e
2,3	7.49667	f
3,1	7.47889	g
3,2	7.46778	h
3,3	7.44333	i

Fuerza de Compresión por Tiempo de Compresión	Media	Sig.
1,1	7.53333	a
2,1	7.52889	b
3,1	7.52667	c
1,2	7.51667	d
2,2	7.51667	d
3,2	7.51111	e
1,3	7.5	f
2,3	7.49667	g
3,3	7.49	h

c. DUNCAN POTENCIA CALORIFICA.

Mezcla	Código	Media	Sig.
95% TQ – 5%HE	3	129.522	a
85%TQ- 15%HE	2	112.148	b
75%TQ - 25%HE	1	75.6537	c

Fuerza de Compresión	Código	Media	Sig.
140 kg	3	108.547	a
100 kg	2	105.485	b
60 kg	1	103.291	c

Tiempo de Compresión	Código	Media	Sig.
100 s	3	114.667	a
70 s	2	105.583	b
40 s	1	97.0737	c

Mezcla por Fuerza de Compresión	Media	Sig.
3,3	131.981	a
3,2	129.334	b
3,1	127.251	c
2,3	113.362	d
2,2	111.764	e
2,1	111.317	f
1,3	80.2978	g
1,2	75.3567	h
1,1	71.3067	i

Mezcla por Tiempo de Compresión	Media	Sig.
3,3	134.832	a
3,2	129.111	b
3,1	124.623	c
2,3	117.668	d
2,2	114.794	e
2,1	103.981	f
1,3	91.5011	g
1,2	72.8433	h
1,1	62.6167	i

Fuerza de Compresión por Tiempo de Compresión	Media	Sig
3,3	119.451	a
2,3	113.82	b
1,3	110.73	c
3,2	107.519	d
2,2	105.901	e
1,2	103.329	f
3,1	98.6711	g
2,1	96.7344	h
1,1	95.8156	i



Anexo 3.5: Análisis de Contenido de Humedad y Ceniza del Biocombustible Solido de Segunda Generación a Partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto



Universidad Nacional del Altiplano - Puno

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Av. Floral 1153, C.U. Telf. (051) 366080 IP. 20102 Casilla 291 e-mail: fca-una@eudoramail.com



LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

INFORME DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Nro. 0185-2015-LENA-EPIA

SOLICITANTE : Bach. Anamelba BALTAZAR LAURA
 TESIS : OBTENCION DE BIOCOMBUSTIBLE SOLIDO DE SEGUNDA GENERACION A PARTIR DE TALLOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) Y HOJAS DE EUCALIPTO (*Eucaliptus globulus*), CON MAXIMA POTENCIA CALORICA.
 ESCUELA PROFESIONAL : INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
 FACULTAD : CIENCIAS AGRARIAS
 PRODUCTO : BIOCOMBUSTIBLE SOLIDO DE SEGUNDA GENERACION (TALLOS DE QUINUA Y HOJAS DE EUCALIPTO)
 ENSAYO SOLICITADO : HUMEDAD Y CENIZAS
 FECHA DE RECEPCION : 03-12-15
 FECHA DE ENSAYO : 03-12-15
 FECHA DE EMISION : 07-12-15

RESULTADOS:

De acuerdo al Informe de los Análisis de Laboratorio que obra en los archivos los resultados son:

RESULTADOS DE HUMEDAD Y CENIZAS

MUESTRA	% MATERIA SECA	% CENIZAS
B 1- CLARO (95% TQ - 5% HE)	92,56	3,57
B-2 - OSCURO (75% TQ 25% HE)	92,41	5,93

CONCLUSIÓN : Los resultado de lo análisis están conformes.

Puno, C. U. 07 de Diciembre del 2015



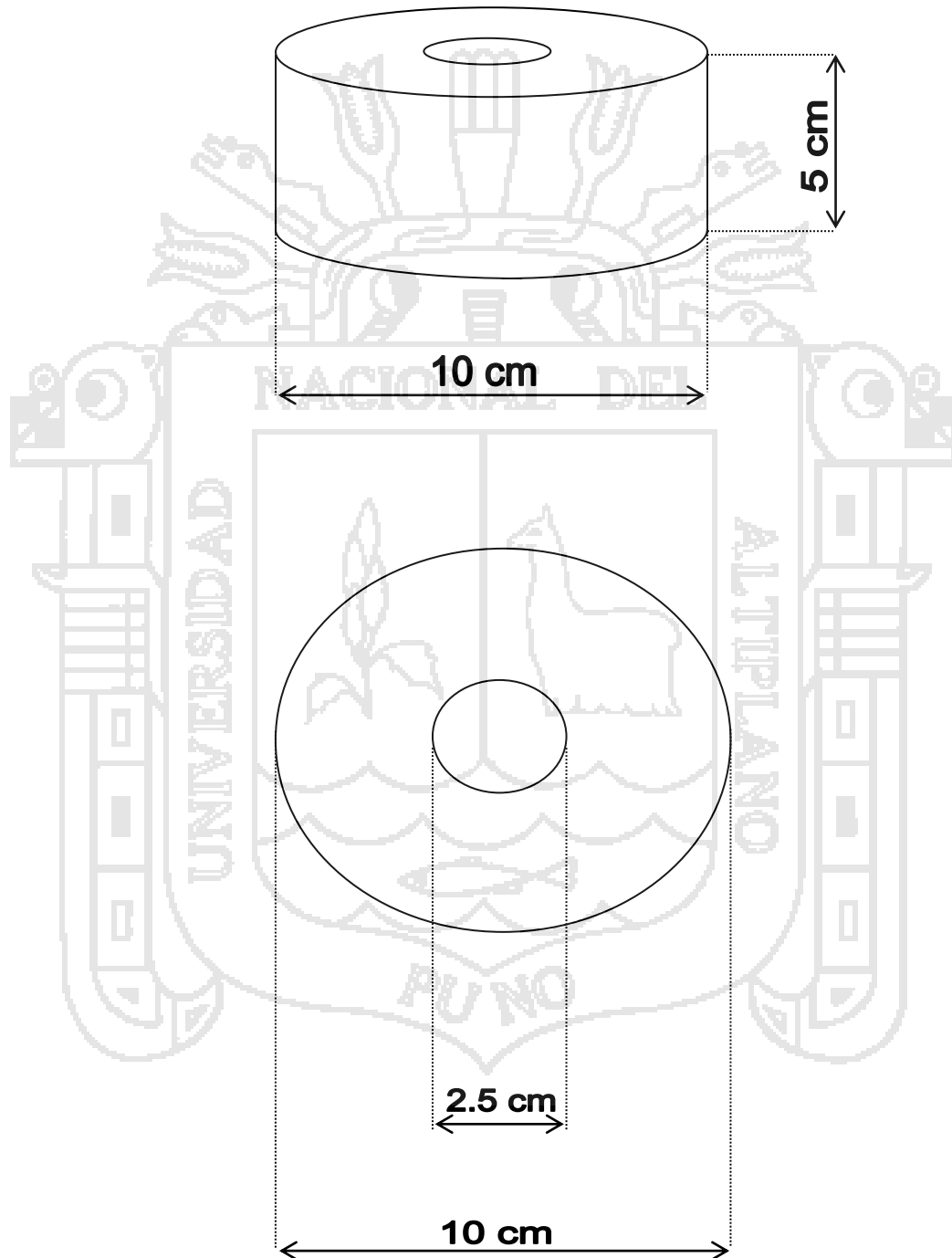
Ing° OSWALDO ARPASI ALCA
 Control de Calidad de Alimentos
 LABORATORIO
 C.I.P. 160625



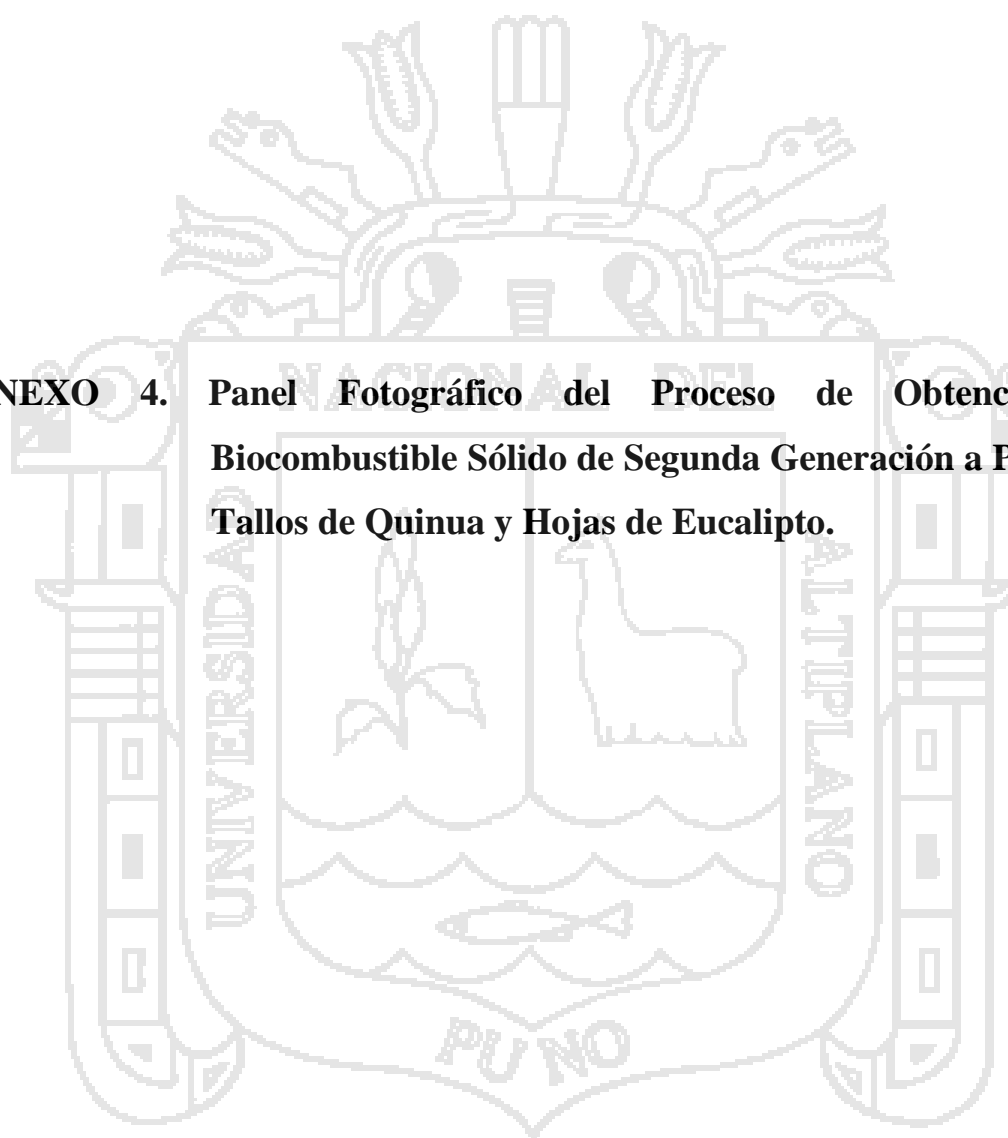
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FAC. CS. AGRARIAS

Ing M.Sc. M. Alfredo Callohuanca P.
 DECANO

**Anexo 3.5: Modelo dimensional experimental de Biocombustible Sólido de Segunda
Generación a Partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto.**



ANEXO 4. Panel Fotográfico del Proceso de Obtención de Biocombustible Sólido de Segunda Generación a Partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto.



PANEL FOTOGRÁFICO

Proceso de Obtención de Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinoa y Hojas de Eucalipto. Fecha: 2015



FOTO 1: Acopio de Hojas de Eucalipto.



FOTO 2: Acopio de Hojas de Eucalipto

PANEL FOTOGRÁFICO

Proceso de Obtención de Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinoa y Hojas de Eucalipto. **Fecha: 2015**



FOTO 3: Almacenamiento de Hojas de Eucalipto



FOTO 4: Quinoa Kancolla y Tallos sin Semilla

PANEL FOTOGRÁFICO

Proceso de Obtención de Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto. **Fecha: 2015**



FOTO 5: Preparación de Mezclas- proporción.



FOTO 6: Mezclas – proporción en Estudio.

PANEL FOTOGRÁFICO

Proceso de Obtención de Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinoa y Hojas de Eucalipto. Fecha: 2015



FOTO 7: Mezcla- Proporción 95% Tallos de Quinoa y 5% Hojas de Eucalipto



FOTO 8: Mezcla- Proporción 85% Tallos de Quinoa y 15% Hojas de Eucalipto

PANEL FOTOGRÁFICO

Proceso de Obtención de Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto. Fecha: 2015



FOTO 9: Mezcla- Proporción 75% Tallos de Quinua y 25% Hojas de Eucalipto



FOTO 10: Equipo de Prensado – EXPERT.

PANEL FOTOGRÁFICO

Proceso de Obtención de Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinoa y Hojas de Eucalipto. Fecha: 2015



FOTO 11: Pesas para Aplicado de Fuerza de compresión.



FOTO 12: Proceso de Prensado de Biocombustible Solido de 2da Generación

PANEL FOTOGRÁFICO

Proceso de Obtención de Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinoa y Hojas de Eucalipto. Fecha: 2015



FOTO 13: Extracción y Desmoldeo de Biocombustible Solido de 2da Generación.



FOTO 14: Biocombustible Solido de 2da Generación en Estado Húmedo.

PANEL FOTOGRÁFICO

Proceso de Obtención de Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinoa y Hojas de Eucalipto. Fecha: 2015



FOTO 15: Biocombustible Sólido de 2da Generación por Proporciones



FOTO 16: Control de Dimensiones Geométricas.

PANEL FOTOGRÁFICO

Proceso de Obtención de Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto. **Fecha: 2015**



FOTO 17: Proceso de Secado de Biocombustible Sólido de Segunda Generación a Partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto



FOTO 18: Proceso de Secado de Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto

PANEL FOTOGRÁFICO

Proceso de Obtención de Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinoa y Hojas de Eucalipto. Fecha: 2015

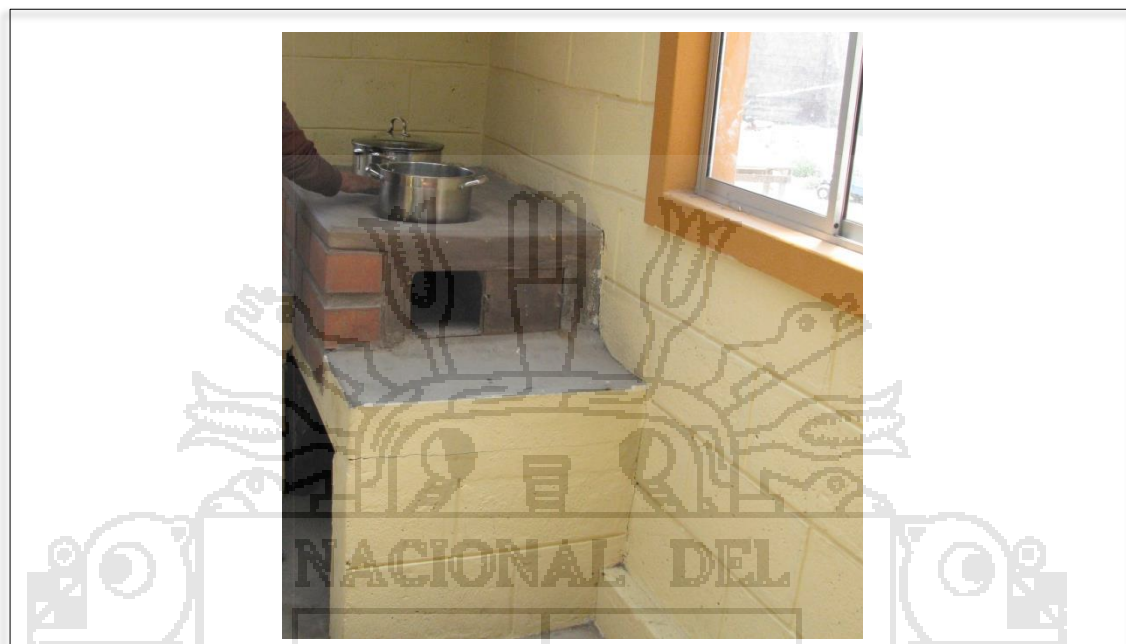


FOTO 19: Estufa Experimental para Ensayo de Combustión.



FOTO 20: Vista Equipo de Control de Temperatura y Tiempo para la Prueba WBT.

PANEL FOTOGRÁFICO

Proceso de Obtención de Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinoa y Hojas de Eucalipto. Fecha: 2015



FOTO 21: Combustión de Biocombustible Solido de 2da Generación



FOTO 22: Combustión de Biocombustible Solido de 2da Generación

PANEL FOTOGRÁFICO

Proceso de Obtención de Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinoa y Hojas de Eucalipto. Fecha: 2015



FOTO 23: Ensayo de Combustión de Biocombustible Solido de 2da Generación

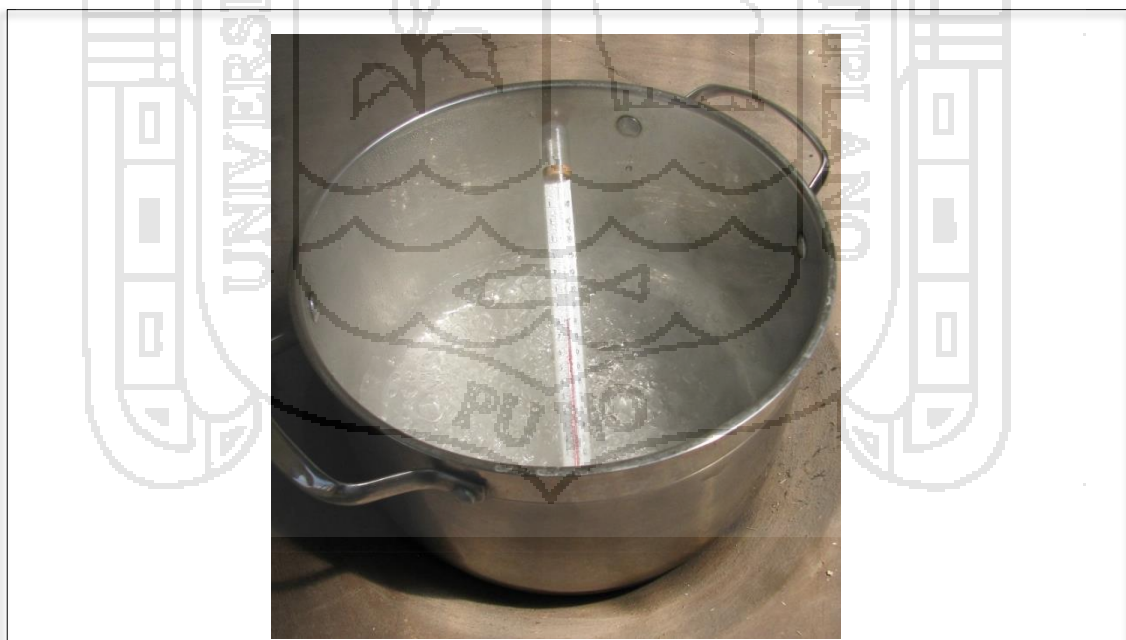


FOTO 24 – Control de Temperatura a la Ebullición del Agua.

PANEL FOTOGRÁFICO

Proceso de Obtención de Biocombustible Sólido de Segunda Generación a partir de Tallos de Quinua y Hojas de Eucalipto. **Fecha: 2015**



FOTO 25: Proceso Finalizado de Combustión de Biocombustible Sólido de 2da Generación



FOTO 26: Toma de Datos en el Proceso de Ensayos Realizados.

ANEXO 5. Detalles técnicos de estufa experimental.

