



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“Determinación del Tiempo de Secado a Temperatura Ambiente
para la Elaboración y Caracterización de las Briquetas de Carbón
Ecológico a Base de la Tusa de Maíz, Piura”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Industrial

AUTOR:

Bermeo Valencia, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0002-3384-0730)

ASESOR:

MSC. Seminario Atarama, Mario (ORCID: 0000-0002-9210-3650)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y productiva

PIURA-PERÚ

2019

DEDICATORIA

Para mi familia porque siempre estuvieron conmigo brindándome su apoyo incondicional. A mi enamorada por darme la motivación a seguir creciendo como profesional. Y en especial a mi Dios todo poderoso, que me permite culminar mis estudios de manera satisfactoria.

AGRADECIMIENTO

Primero le agradezco a Dios padre todo poderoso, a mi familia, a mi enamorada que siempre han estado conmigo en los buenos y malos momentos a lo largo de mi carrera profesional, a la universidad César Vallejo por abrirme las puertas de su casa de estudios. También le doy gracias a la Ingeniera Luciana Torres Ludeña por sus enseñanzas y su apoyo incondicional. Y, por último, a mi asesora la Ingeniera Teresa Montoya, por las asesorías brindadas para el desarrollo de mi investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
PÁGINA DEL JURADO	iv
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
INDICE DE CUADROS	vii
INDICE DE TABLAS	viii
INDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. MÉTODO	19
3.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	19
3.2. Variables, Operacionalización	21
3.1. Población y muestra.....	24
3.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	26
3.3. Procedimientos	27
3.4. Método de análisis de datos.....	27
3.5. Consideraciones éticas	27
IV. RESULTADOS	28
V. DISCUSIÓN	36
VI. CONCLUSIONES	40
VII. RECOMENDACIONES	41
REFERENCIAS	42
ANEXOS	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Análisis Bromatológicos de la Tusa de Maíz.....	11
Cuadro 2: Análisis Mineralógico de los Residuales	11
Cuadro 3: Porcentaje de Lignina y Celulosa	11
Cuadro 4: Unidades de las características energéticas del carbón vegetal	12
Cuadro 5: Densidades Reales en Función de la Temperatura	14
Cuadro 6: Resultado de los Componentes en Función a la Temperatura de Pirolisis	15
Cuadro 7: Poder Calorífico del Carbón Vegetal kcal/kg.....	15
Cuadro 8: Poder Calorífico del Carbón Vegetal kcal/kg.....	18
Cuadro 9: Tiempos De Secado A Temperatura Ambiente De La Fabricación De Carbón Ecológico.....	28
Cuadro 10: Porcentaje de Humedad y Ceniza para los diferentes Tratamientos	29
Cuadro 11: Densidades para los Diferentes Tratamientos.....	30
Cuadro 12: Temperatura para los Diferentes Tratamientos (distancia de 20 cm)	31
Cuadro 13: Tamaño-Volumen Para Los Diferentes Tratamientos.	32
Cuadro 14: Color para Los Diferentes Tratamientos.....	33
Cuadro 15: Análisis de Varianza de Porcentaje de Humedad (%) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz)	74
Cuadro 16: Duncan(1) al 5% de Porcentaje de Humedad	74
Cuadro 17: Análisis de Varianza de Porcentaje de Cenizas (%) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tusa de Maíz).....	75
Cuadro 18: Duncan(1) al 5% de Porcentaje de Cenizas	75
Cuadro 19: Análisis de Varianza de Porcentaje de Densidad (gr/cm ³) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz)	76
Cuadro 20: Duncan(1) al 5% de densidad.....	76
Cuadro 21: Análisis de Varianza de la Temperatura (°C) (con una distancia a 20cm) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz).....	77
Cuadro 22: Duncan (1) al 5% de Porcentaje de Temperatura	77
Cuadro 23: Análisis de Varianza de Tamaño (Volumen) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz).....	78
Cuadro 24: Duncan (1) al 5% de Tamaño (Volumen)	78
Cuadro 25: Análisis de Varianza de Porcentaje del factor Color en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz).....	79
Cuadro 26: Duncan (1) al 5% de Porcentaje de Factor Color	79
Cuadro 27: Análisis de Varianza de TIEMPO EN ENCENDIDO (MINUTOS/HORAS) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz)	80
Cuadro 28: Duncan (1) al 5% de Porcentaje de Tiempo en Encender.....	80
Cuadro 29: Análisis de Varianza de TIEMPO EN APAGARSE (MINUTOS/HORAS) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz)	81
Cuadro 30: Duncan (1) al 5% de Porcentaje de Tiempo Apagarse	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
Tabla 2: Costos para la elaboración de las briquetas ecológicas a base de tusa de maíz.	34
Tabla 3: Matriz de Consistencia	47
Tabla 4: El peso de los tratamientos (gr)	72
Tabla 5: Análisis Físico-Químicos. Tamaño (volumen en cm ³).....	72
Tabla 6: Dimensiones de los tratamientos de Briquetas a base de tusa de maíz.....	72
Tabla 7: Determinación De Factores Organolépticas De Calidad En El Color De Las Briquetas De Carbón Ecológico A Base De Tusa De Maíz	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Prueba de Duncan para la determinación de Humedad (%) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tusa de Maíz).....	82
Figura N° 2: Prueba de Duncan para la determinación de Cenizas (%) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tusa de Maíz).....	82
Figura N° 3: Prueba de Duncan para la determinación de Densidad en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz)	83
Figura N° 4: Prueba de Duncan para la determinación de Temperatura(°C) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz)	83
Figura N° 5: Prueba de Duncan para la determinación del tamaño (cm ³) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz)	84
Figura N° 6: Prueba de Duncan para la determinación del factor color en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz)	84
Figura N° 7: Prueba de Duncan para la determinación del tiempo de encendido (MINUTOS/HORAS) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz)	85
Figura N° 8: Prueba de Duncan para la determinación del tiempo de apagado (MINUTOS/HORAS) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz)	85
Figura N° 9: Balanza digital.....	86
Figura N° 10: Molino.....	86
Figura N° 11: Horno de pan.....	86
Figura N° 12: Aceite de coco	87
Figura N° 13: Pesado de materia prima	87
Figura N° 14: Materia prima en el horno	87
Figura N° 15: Materia prima carbonizada	88
Figura N° 16: Molienda.....	88
Figura N° 17: Tamizado	88
Figura N° 18: Pesado después del tamizado	89
Figura N° 19: Vaciado de la tusa molida	89
Figura N° 20: Vaceado del aglutinante	89
Figura N° 21: Vaciado del agua.....	90
Figura N° 22: Mezcla.....	90
Figura N° 23: Porción de medida.....	90
Figura N° 24: Vaciado en el molde	91
Figura N° 25: Extrusión	91
Figura N° 26: Secado al ambiente.....	91
Figura N° 27: Calcinar la muestra.....	92
Figura N° 28: Temporizar la mufla	92
Figura N° 29: Ceniza	92
Figura N° 30: Peso de la ceniza	93
Figura N° 31: Muestras	93
Figura N° 32: Peso sin humedad.....	93

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal determinar los tiempos de secado a temperatura ambiente para la elaboración y caracterización de las briquetas de carbón ecológico a base de tusa de maíz.

Asimismo, para la elaboración de las briquetas, se empleó como insumos la tusa de maíz, el aceite de coco como aglutinante y agua, considerando porcentajes ya establecidos por otros autores. Luego, se desarrollaron pruebas experimentales con tres tiempos de secado diferentes (2,3,4 días) hasta lograr obtener la mejor briqueta de carbón ecológico.

Con los valores mencionados, incluyendo al testigo, se realizaron en 3 bloques diferentes aleatoriamente al azar, llegando a obtener 12 briquetas, luego se determinaron las características físico químicas a cada una de ellas, concluyendo que las briquetas de 4 días de secado son las mejores, teniendo como resultados 0.93% de humedad, 5.82% de cenizas, 0.838 gr/cm³ de densidad, 103.67 °C de temperatura de encendido a una distancia de 20 cm y con un tiempo de apagado 2.067 hr/min mayor al de 2 y 3 días, estando dentro de los rangos de las normas técnicas de UNE-EN 1860-2:2005 - "Aparatos, combustibles sólidos y sustancias de encendido para el asado en barbacoas" y Norma Técnica Colombiana NTC 2060 - "Briquetas combustibles para uso doméstico".

Por último, se evaluaron los costos para dicho proceso, concluyendo que mientras mayor sea la cantidad de producción, el precio por kilogramo de briqueta será más económico y debe optarse por otro aglutinante (el precio del aceite de coco es alto).

Palabras claves: tiempo de secado, briqueta, carbón ecológico, características físico químicas, temperatura ambiente.

ABSTRACT

The present work has as principal aim determine the times of dried to temperature set for the production and characterization of the briquettes of ecological coal based on tusa of maize. Likewise, for the production of the briquettes, the tusa of maize was used as inputs, the oil of coconut as cementing agent and water, considering percentages already established by other authors. Then, experimental tests developed with three times of dried different (2,3,4 days) up to managing to obtain the best briquette of ecological coal.

With the mentioned values, including the witness, randomly were realized in 3 different blocks at random, managing to obtain 12 briquettes, then the characteristics decided physicist chemistries to each of them, concluding that the briquettes of 4 days of dried sound the best, taking as results 0.93 % of dampness, 5.82 % of ashes, 0.838 gr/cm³ of density, 103.67 °C from temperature of ignition to a distance of 20 cm and with a time of extinguished 2.067 hr/min bigger than that of 2 and 3 days, being inside the ranges of the technical procedure of IT JOINS IN 1860-2:2005 - " Devices, solid fuels and substances of ignition for the roast in barbecues " and Technical Colombian Norm NTC 2060 - " combustible Briquettes for domestic use " .

Finally, the costs were evaluated for the above mentioned process, concluding that while major it is the quantity of production, the price for kilogram of briquette will be more economic and it must be chosen for another cementing agent (the price of the oil of coconut is high).

Key words: drying time, briquette, coal, ecological, and physical features chemical, room temperature.

I. INTRODUCCIÓN

El carbón vegetal es uno de los combustibles más tradicionales de la historia, durante la cual ha satisfecho necesidades primordiales como la preparación de alimentos y la fabricación de utensilios. Según la (FAO, 2005) un 8% de la erradicación global de la madera es utilizada para producir carbón vegetal.

La madera que se utiliza como leña y para elaborar el carbón vegetal, resulta de la explotación de árboles completos, aunque también se obtiene de residuos de otros beneficios forestales.

En las zonas rústicas de nuestro Perú, el empleo de la leña como la principal fuente de energía simboliza una parte muy importante de todas las necesidades energéticas de la población. En nuestras regiones y sobre todo en nuestra costa norte usan la biomasa para cocinar los alimentos, cocción y otras labores artesanales, porque las personas son limitadas al acceso del gas y otra fuente como es el kerosene; en muchos casos su escasez es cubierta por el uso de la producción de carbón vegetal.

En la región Piura la biomasa principal para la producción del carbón vegetal o también llamado carbón tradicional y la leña son los bosques secos. Dentro de ellos se encuentra el árbol de algarrobo, que tiene múltiples cualidades como alimento, abono, madera, medicina y materia prima para el desarrollo de diversas actividades económicas. El carbón vegetal de algarrobo se obtiene a través de una combustión incompleta en los hornos artesanales llamados también “huayronas”.

Sin embargo, se logró observar que en la región no cuentan con nuevas alternativas a partir de biomásas sólidas (fuente de energía renovable) para los biocombustibles como es el caso del carbón vegetal. Un claro ejemplo es el desperdicio de la tusa de maíz de choclo, según (SIEA, 2016) Piura produjo 1,1 miles de toneladas de maíz de choclo el año pasado que viene hacer un aproximado de 183,3 toneladas de tusa de maíz despilfarradas.

Cabe resaltar lo preocupante que es el incremento de la tala de árboles de los bosques secos en la Región Piura, principalmente la del algarrobo, se calcula que anualmente trece mil hectáreas son deforestadas. Por otra parte, el carbón

produce dióxido de carbono contaminando el aire generando un impacto ambiental negativo. También se observó el alto costo de un balón de gas o de otros combustibles, y debido a la falta de recursos económicos para muchas familias no pueden ser adquiridos, entonces optan por utilizar leña o carbón vegetal. Por último, la falta de información de los pobladores acerca de los nuevos métodos de aprovechamiento de las materias primas no les permite buscar otras nuevas alternativas de dichos biocombustibles.

En caso de persistir el problema, el bosque seco estará desapareciendo ante nuestros ojos, a un ritmo de 18 mil hectáreas anuales. Y no solo causaría la degradación y deforestación de los bosques secos, también exterminará la posibilidad de una reforestación espontánea debido a que el proceso de conversión de algarrobo al carbón arrasa los suelos. Además, incrementará el porcentaje de mercado comercial informal de leña que constituye una fuente importante de ingresos para familias rurales.

Por lo tanto, se requiere innovar una nueva alternativa de producto biocombustible que cumpla con las características físicas-químicas similares o aún mejor que al de carbón tradicional. Este innovador producto permitirá a controlar la deforestación de nuestros bosques, a disminuir el impacto ambiental y dar un mayor aprovechamiento a los desperdicios orgánicos de otros frutos. Además, es ideal en usos gastronómico tanto comercial como doméstico, en parrillas, asados o barbacoas no altera el sabor de las carnes y sobre todo a un precio accesible para todas las familias rurales.

La pregunta general que se hizo es ¿cuál fue el tiempo de secado adecuado a temperatura ambiente para la elaboración y caracterización de las briquetas de carbón ecológico a base de la tusa de maíz? También las preguntas específicas que se realizaron son: ¿cuál fue el tiempo de secado adecuado a temperatura ambiente para la elaboración de las briquetas del carbón ecológico?, ¿cuáles fueron las características físico-químicas para los diferentes tiempos de secado a temperatura ambiente para la elaboración de las briquetas de carbón ecológico a base de la tusa de maíz? y ¿cuánto fue el costo para la elaboración de las briquetas de carbón ecológico a base de la tusa de maíz?

Esta investigación ofreció ser útil en relación al mal manejo de los recursos naturales, el cual es un constante problema en el mundo ocasionando impactos ambientales negativos. Cada año en las diferentes ciudades del mundo genera un mayor crecimiento de la demanda de los recursos naturales; los cuales son extraídos de zonas no permitidas para su explotación.

La región de Piura no es la excepción, un claro ejemplo de ello, es la explotación de madera ilegal de los bosques secos (algarrobo) para transformarlo en leña y carbón vegetal; para muchas familias es un negocio rentable pero no se dan cuenta que poco a poco están destruyendo nuestros bosques secos. Además, no buscan obtener un mayor aprovechamiento de las biomásas residuales, es de decir, los desperdicios orgánicos que se alcanzan en la agricultura (actividad con más ingresos en Piura).

Mediante este estudio se informó el aprovechamiento de los residuos orgánicos como fuentes de energía, ofreciendo una nueva alternativa de biocombustible similar o mejor que el carbón vegetal para la preparación y cocción de alimentos. Asimismo, se pretendió beneficiar a las familias piuranas, pollerías, parrillas y restaurantes que aún usan el carbón vegetal como principal combustible

Lo que se buscó es proteger los bosques secos y reducir el impacto ambiental negativo que proviene de la fabricación de carbón vegetal. La madera no es la única fuente de energía para combustible, existen otras menos contaminantes en su fabricación como es el caso de la tusa de maíz, el cual adquiere similares o mejores características físico-químicas que a la materia prima anterior.

Por último, se quiso motivar a los lectores a la constante investigación científica con la manipulación de variables experimentales. Para este tipo de investigación según el nivel es explicativo porque va más allá de una descripción, pretende fundar las causas del evento que se estudian. Y de acuerdo al diseño es experimental porque se identifica y manipulan las variables con el fin de observar resultados.

Como objetivo general se determinó el tiempo de secado adecuado a temperatura ambiente para la elaboración y caracterización de las briquetas de carbón ecológico a base de la tusa de maíz, Piura. Además, como objetivos específicos se determinó el tiempo de secado adecuado a temperatura ambiente

para la elaboración de las briquetas del carbón ecológico mediante diseño de experimentos, se determinó las características físico-químicas para los diferentes tiempos de secado a temperatura ambiente para la elaboración de las briquetas de carbón ecológico a base de la tusa de maíz mediante pruebas de laboratorio y por último se evaluó el costo de la elaboración de carbón ecológico a partir de la tusa de maíz mediante una hoja de costos de producción.

Se planteó como hipótesis general que el tiempo de secado adecuado a temperatura ambiente para la elaboración y caracterización de las briquetas del carbón ecológico a base de la tusa de maíz es de 3 días respectivamente.

Y como hipótesis específicas se enfocó que el diseño de experimento permitirá determinar el tiempo de secado adecuado a temperatura ambiente para la elaboración de las briquetas del carbón ecológico, los resultados para las características físico-químicas bajo diferentes tiempos de secado a temperatura ambiente se definirán según a los parámetros de la norma técnica UNE-EN 1860-2:2005 y los costos de la elaboración del carbón ecológico por kilogramo serán bajos a comparación del carbón vegetal mediante un presupuesto de costos.

II. MARCO TEÓRICO

Según (OVIEDO, 2012) en su tesis titulada “PLAN DE NEGOCIOS PARA LA FABRICACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE BRIQUETAS DE CARBÓN VEGETAL A PARTIR DE LOS DESECHOS DE LA MADERA Y ORGÁNICOS EN EL ÁREA DE MAGDALENA MEDIO, SANTANDER” por la Universidad Industrial de Santander, Facultad de Fisicomecánicas, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, para optar el Título de Ingeniero Industrial; en el cual uno de sus objetivos específicos es ejecutar para el proceso de producción de briquetas un análisis técnico de carbón mediante un diseño experimental, el cuál proporcionó la información respectiva. De esta manera se determinó las etapas a seguir para la elaboración del carbón a base de residuos de madera.

Esta investigación fue seleccionada considerando que su cuarto objetivo específico se relaciona con el procedimiento que se llevará a cabo para la elaboración del carbón ecológico.

Se llegó a la conclusión que un semblante muy destacado en el proyecto es el residuo de la madera al igual que el residuo orgánico, actualmente las personas no lo saben aprovechar y para ello en este plan serán reutilizados. Y en correlación con la adquisición de materias primas para el desenvolvimiento del plan, se puede constatar que carecen de limitación en este punto; gracias a que se puede hallar en cantidad y su calidad será óptima de acuerdo a los parámetros de las organizaciones.

Según (FONSECA CUENCA, y otros, 2012) en su tesis titulada “DESARROLLO DE UN PROCESO TECNOLÓGICO PARA LA OBTENCIÓN DE BRIQUETAS DE ASERRÍN DE MADERA Y CASCARILLA DE ARROZ Y PRUEBAS DE PRODUCCIÓN DE GAS POBRE.” por la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, para optar el título de Ingeniero Mecánico, con el objetivo de analizar y producir briquetas de aserrín de madera y cascarilla de arroz y realizar el análisis de costos para la producción y utilización de las briquetas. Es una investigación de diseño experimental.

Se llegó a la conclusión que el tiempo mínimo de secado al aire, que requieren las briquetas, previo a ser utilizadas como combustible es de 9 días.

Según (DA SILVA, 2013) en su tesis titulada “PROYECTO DE CREACIÓN DE UNA FÁBRICA DE BRIQUETAS DE ASERRÍN EN SANTA ROSA DEL

AGUARAY” por la Universidad Tecnológica Intercontinental, Facultad de Ciencias Empresariales, para optar el Título de Licenciado en Ciencias de Administrativas; en el cual uno de sus objetivos específicos es determinar la rentabilidad que puede producir una fábrica de briquetas de aserrín en la ciudad de Santa Rosa del Aguaray mediante dos indicadores VAN (valor actual neto) y TIR (tasa interna entorno), debido a lo cual cooperan con la escala de toma de decisiones, y nos permita enfocarnos en la viabilidad económica y financiera de un proyecto de elaboración y distribución de briquetas de aserrín. Es una investigación de nivel descriptivo.

Esta investigación fue seleccionada dado que se relaciona con mi último indicador que es costo/beneficio, tal como está especificado en mi última dimensión y su resultado es favorable.

Se llegó a la conclusión que teniendo en consideración los parámetros descritos y que en un negocio de este tipo reuniría aspectos positivos no tan solo en el aspecto financiero económico sino social, se recomienda la implementación del mismo.

Según (RODRÍGUEZ, 2010) en su tesis titulada “OPTIMIZACIÓN DE PRODUCCIÓN DE BRIQUETAS DE CARBÓN Y BIOMASA” por la Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica, para optar el Título de Ingeniero Metalurgista; en la cual el objetivo se sustenta en dar una mayor utilidad al carbón mineral, materiales forestales y subproductos orgánicos con gran profusión en el Perú para conversiones piloteadas a la preparación de un lucro abarrotado combustible de peculiares características, en variadas formas y delimitadas físicas y químicas útiles para múltiples industrias, operaciones y o uso domiciliario; mediante un estudio, experimentación y observaciones se determinan los parámetro básico para las técnicas de fabricación que utilizan carbón y biomasa, en la fabricación de briquetas combustibles. Es una investigación de nivel explicativo y de diseño experimental. Esta investigación fue seleccionada considerando que su investigación para determinar los óptimos procesos de elaboración de briquetas de biomasa se relaciona con la finalidad de mi investigación que es fabricar briquetas de carbón ecológico a base de la biomasa del maíz.

Se llegó a la conclusión que la producción de briquetas de carbón mineral y biomasa controlada se preparan cumpliendo características adecuadas,

logrando exigencias comerciales en la composición química, propiedades físicas y con características medioambientales ecológicas. La duración media de las briquetas minerales es de 4 Horas por kilogramo y la combustión es desde las capas externas hacia el interior sin producción de humo, mínima llama y cenizas útiles para cultivos por el contenido de sales y óxidos.

Según (VERA VELAZQUEZ, 2014) en su tesis titulada “DISEÑO DE BRIQUETAS ECOLÓGICAS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA CALÓRICA Y MEJORAMIENTO DE ECOSISTEMAS EN EL CORREGIMIENTO DE NABUSIMAKE, MUNICIPIO DE PUEBLO BELLO-CESAR” por la Universidad Nacional Abierta y A Distancia, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, para optar el Título de Ingeniero Ambiental; en el cual uno de sus objetivos específicos es determinar las variables relacionadas con las propiedades fisicoquímicas de las briquetas ecológicas, en donde se establezca la emisión de energía térmica, humedad, cenizas, mediante bloques experimentales en laboratorios pilotos. Es una investigación de diseño experimental.

Esta investigación fue seleccionada debido que se relaciona con mi segundo objetivo específico que consiste en determinar las características fisicoquímicas de las briquetas de carbón ecológico a base de la tusa de maíz, teniendo como indicadores el porcentaje de humedad, cenizas, poder calorífico y su densidad mediante bloques aleatorios experimentales.

Se llegó a la conclusión que la concentración utilizada de aglomerante y el grado de compactación fue ideal, ya que los prototipos no presentaron ruptura durante y después del secado. Las briquetas ecológicas representan una alternativa 100% natural para sustituir la leña ya que son energías limpias y a la vez se involucran residuos nuevamente a un ciclo económico.

Según (BOARINI, 2006) en su tesis titulada “UTILIZACIÓN DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA LA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS DE COMBUSTIBLE SÓLIDO PARA USOS DOMÉSTICOS EN LA CIUDAD DE GUATEMALA” por la Universidad Rafael Landívar, Facultad de Diseño y Arquitectura, Departamento de Diseño Industrial, para optar la licenciatura de Diseño Industrial; en el cual uno de sus objetivos es Diversificar el mercado de la leña, introduciendo un producto nuevo y competitivo. Es una investigación de diseño experimental y tipo de investigación exploratorio.

Esta investigación fue seleccionada considerando que uno de sus objetivos tiene relación con la finalidad que se busca en este trabajo, de introducir un producto innovador que este a la altura del carbón vegetal o de la leña.

Las BRIQUETAS son biocombustibles formados por la compactación de diferentes biomásas teniendo como más común la biomasa forestal derivado de desperdicios de fábricas de la madera, por ejemplo: fábrica de muebles, puertas, aserraderos, etc. Existen otras biomásas residuales para la compactación, como es el caso de la biomasa residual industrial, urbana, selvícolas, agrícolas y biodegradables.

Estas briquetas poseen diferentes características, el cual una de las principales es su alta densidad que posee y con un mayor rendimiento a comparación de otros biocombustibles. Cada proceso y fabricante producen briquetas de formas y dimensiones diferentes; las más comunes son de forma cilíndrica, poliedro de forma cuadrado o hexagonal hueco y existen otros de forma rectangular.

Según (MARTIN, 2001) tenemos las siguientes características físicas y químicas de las briquetas.

Existen una variedad de formas de las briquetas y va a depender de la maquinaria que utilizará en su obtención. A continuación, se mencionarán algunas de estas: Forma cilíndrica, es la briqueta más común en fabricar. Teniendo como diámetros los 2 y 20 cm y longitudes entre los 15 y 50 cm. Forma octagonal, con un hueco redondo en la parte central. Esto permitirá una pronta inflamación; que puede ser positivo o negativo según el objetivo establecido.

Se caracterizan porque su distancia es de 62 mm entre dos caras opuestas y tienen un diámetro 15 mm de su orificio interior central, puede variar según el fabricante. Forma rectangular, su característica principal es redondeada en las cuatro esquinas con la finalidad de no desintegrar con algún tipo de golpe. Para esta forma podrá arder despacio, pero la ventaja es que ocupan menos espacio y se guardan mucho mejor y poseen la misma masa que el tipo de forma cilíndrica o del de prisma octogonal hueco. Otros tipos de forma son de prisma hexagonal hueco o prisma cuadrado y en otras circunstancias tienen forma de un ladrillo.

La densidad de las briquetas se diferencia de otros biocombustibles por su alta densidad, facilitando el transporte, manipulación y almacenaje. Pero hay una desventaja es que resultan un alto costo pues requieren un proceso industrial de fabricación. Lo que se quiere llegar a concluir con respecto al proceso de briquetado es de extraer un producto, el cual su densidad sea mayor a diferencia de los biocombustibles.

Hay 2 tipos de factores que predominan en la densidad, el cual es una característica principal de las briquetas, estos son: la materia prima empleada; Mientras más densa es la materia prima, el producto tendrá mayor densidad; y aquella presión que es ejecutada por la máquina (prensa) cuando se realiza el proceso de la fabricación.

Si calculamos la masa y el volumen podemos determinar la densidad de las briquetas.

La humedad de las briquetas depende de la manera como se abastece el producto. Como en el proceso de prensado que sufre la materia prima hasta convertirse en briketa se frecuenta utilizar partículas secas (humedad menor de 12% base húmeda) y además en el mismo se seca aún más la partícula, al final el porcentaje de la briketa resulta estar entre 8 a 10% a la salida de la prensa. Luego puede ocurrir que: se envasen varias briquetas en un plástico haciendo un paquete de 10 kg que es lo más común y se vendan a granel. En el caso que sean envasadas en plástico ya no absorben más agua y su humedad solo incrementa levemente.

Es importante estudiar la composición química, porque ésta condiciona su poder calorífico. Para las briquetas su composición química está sujeto al material que se utilice en su constitución.

Lo adecuado es conocer los porcentajes de los aditivos empleados (en caso se requieran), también la humedad a la que se manipulan. Si se logra conocer estos datos podemos calcular la aproximación de la composición química.

Para determinar el poder calorífico dependerá de la procedencia del material. Por ejemplo, si la materia prima es la madera y corteza sin aditivos su poder calorífico será el de la madera de la que proviene.

Asimismo, como el poder calorífico inferior (PCI) depende de la humedad y como las briquetas se encuentran más secas que otros biocombustibles se llega a la conclusión que su poder calorífico es mayor. Un valor aproximado es de 4.500 Kj/Kg.

El tiempo de inflamabilidad es semejante o levemente superior al de las leñas, astillas y el carbón vegetal que más pronto se inflaman.

La briketa a tener mayor densidad que la madera, y por tener menos contenido de aire en el interior, el coeficiente de transmisión térmica de las briquetas provoca que arda más despacio que la madera.

La TUSA DE MAÍZ según (Fondeur, 2009) han pasado bastantes años según las fuentes, el maíz ha alimentado a grandes civilizaciones, en algunos casos perdurando actos elementales sobre todo en la parte alimenticia de antiguas civilizaciones indígenas del continente americano. Estas acciones de nuestros antepasados no han dejado como herencia un rico alimento el cual es aprovechado en diversas formas factibles, tan útil es este recurso que genera un subproducto que al comienzo no era tan importante su interés o alguna semejanza de residuo, se está apuntando a la marginada Tusa de maíz.

Si queremos sustentar a una cantidad menor de personas que carecen de conocimiento como se obtiene este residuo mencionaremos que la tusa se extrae luego de despojar a la mazorca de su esplendorosa cáscara (hoja), a continuación, procedemos a desgranar todos los granos de la mazorca y para concluir obtenemos el desecho del maíz, la tusa de maíz. Sus alcances según su uso son:

Para (BARRERA, 2010) la tusa como envoltura del maíz nace de un tronco cilíndrico, el cual está ligado al olote de la planta en la parte inferior, para el tronco mide un aproximado de 3 cm de largo por 1 cm de diámetro de donde nacen hojas superpuestas y traslapadas en relación unas con otras y así forman la capa protectora del maíz en la mazorca.

Cuando se obtiene el fruto maíz encontramos un segundo producto a la cual se le puede sacar una grandísima utilidad, nos referimos a la tusa. Asimismo, las

personas del campo la utilizan como combustible, para encender el fuego, para cocinar sus alimentos.

A continuación, se presentan en los siguientes cuadros la composición química de la tusa de maíz:

Cuadro 1: Análisis Bromatológicos de la Tusa de Maíz

Parámetros (%)	Tusa 100%
Fibra	25,99
Grasa	7,29
Proteína	3,85
Humedad	9,37
Cenizas	10,85

Fuente: Valencia, 2002 y Yambay 2000

Cuadro 2: Análisis Mineralógico de los Residuales

TUSA	N (%)	K mg/Kg	P mg/Kg	Ca mg/Kg	Mg mg/Kg	Zn mg/Kg	Fe mg/Kg	Cu mg/Kg	Na mg/Kg	Mn mg/Kg
	1,7	3654	55	2173	1096	35,48	52,1	1,81	1469	8,13

Fuente: CESTTA, 2008

Cuadro 3: Porcentaje de Lignina y Celulosa

Análisis	Tusa 100%
Celulosa (%)	5,28
Lignina (%)	1,57

Fuente: Lab. Nutrición Animal ESPOCH, 2008

El CARBÓN VEGETAL también llamado carbón tradicional es un tipo de carbón que se forma al calentar la madera en ausencia de aire a temperaturas que fluctúan entre 500° y 700 °C. Tiene como biomasa forestal los bosques y residuos de madereros.

El carbón vegetal es la biomasa sobrante después de carbonizar la madera en condiciones controladas en un espacio cerrado como por ejemplo en el horno de carbón. Para la fabricación de 1 tonelada de carbón vegetal se requiere de materia prima 5 toneladas de madera, además 1 tonelada de madera cosechada tiene un 60% de contenido de humedad y después de su secado al aire libre, en un promedio de tiempo de 3 meses, llega a disminuir a una 30% de contenido de humedad por lo que pierde en un 20% de peso llegando a pesar 812 kg. (FAO, 1983)

Según (Kollmann, 1959) lo explica como aquel producto de la quema defectuosa de la madera (leña). La diferencia entre la leña y el carbón vegetal, este último posee un alto contenido de carbono, es por ello, su alto poder calorífico a comparación de la leña siendo una destacable energía que ésta.

El carbón vegetal se puede utilizar no solo para generar energía sino también, gracias a su gran ámbito definido es apto como uso de filtro, el cual lleva como nombre “carbón activado”

A continuación, el siguiente veremos en este cuadro las características del carbón vegetal.

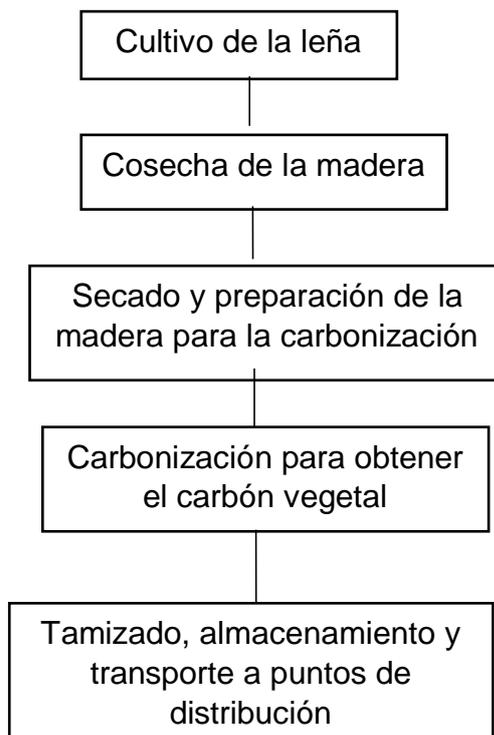
Cuadro 4: Unidades de las características energéticas del carbón vegetal

	Variable	Unidad
Físicas	1.Forma, color y aspecto.	-----
	2.Tamaño (largo, ancho, alto).	Cm, cm, cm
	3.Densidades.	Kg/dm ³
	4.Humedades.	%
	5.Superficies específicas.	m ² / m ³
	6.Resistencia a la compresión y friabilidad.	kg/cm ²
Químicas	1.Composicion química elemental.	%
	2.Composición química por compuestos químicos.	%
	3.Poderes caloríficos.	Kcal/kg
Físico-químicas	1.Variables de combustibilidad e inflamabilidad.	°C, S
	2.Índice de calidad energética.	Clases

Fuente: M. Camps y F. Marcos, 2008

Proceso de Fabricación de Carbón Vegetal

Gráfico N°01: Proceso Industrial del Carbón Vegetal



Fuente: M. Camps y F. Marcos, 2008

Las principales características según (CAMPS, y otros, 2008), para distinguir la utilización y el costo del carbón vegetal, es conveniente conocer en primer lugar algunas de sus características físicas, químicas y físico-químicas.

La presentación del carbón vegetal para su venta, viene envasados en sacos de papel para los hornos el tamaño viene en 3 dimensiones: largo (entre 5 cm y menor de 80 cm); ancho (entre 5 y 20 cm); alto (entre 5 y 20 cm).

La densidad es una característica física importante, en la parte industrial se exploran carbones con mayor densidad, se somete muchísimo de la biomasa residual de madera utilizada para su obtención.

Un valor aproximado de la densidad aparente (peso/volumen de carbón + volumen de poros de aire existentes en el carbón) es de 0.170 kg/dm³ a 0,500 kg/dm³.

La densidad real (peso/volumen de carbón sin huecos de aire) toma valores de 1,300 kg/dm³.

A continuación, en el siguiente cuadro se representan las densidades reales con respecto a la temperatura de carbonización:

Cuadro 5: Densidades Reales en Función de la Temperatura

Temperatura de carbonización °C	Densidad real kg/dm³
150	1.500
240	1.500
270	1.400
1600	2.000

Fuente: F. Marcos, 2008

La humedad del carbón vegetal hace referencia para lo que es base húmeda (H) o a para base seca (h). Se sostiene por lo general que la humedad de la biomasa (madera) actúa más en el rendimiento del carbón vegetal. Además, debemos saber que a mayor humedad su rendimiento será menor, ya que si la humedad (H) es alta la cantidad de la materia seca es menor a igualdad de masa y por lo consiguiente, es menor la cantidad de carbón obtenido.

El carbón vegetal tiene como humedades entre 4 y 9,5%, en base seca; en base húmeda, entre 10 y 15% y mojado si es mayor a 15%.

El carbón vegetal está compuesto químicamente por 4 componentes, cuyo principal es el carbono, y por algo de H, O y N. Su composición química elemental esta relacionadas con 3 factores: materia prima, temperatura de carbonización y tecnología de carbonización.

A continuación, en el siguiente cuadro se representan los resultados que se refieren a pirolisis en atmósfera de nitrógeno:

Cuadro 6:Resultado de los Componentes en Función a la Temperatura de Pirolisis

Temperatura de pirólisis	% C	% H	% N	% O
100	50,28	6,09	0,19	41,14
200	48,88	5,84	0,24	42,70
250	50,64	5,04	0,25	41,31
300	58,75	4,96	0,28	34,35
350	75,69	3,31	0,62	19,10
400	76,89	3,27	0,40	18,15
450	81,18	2,98	0,41	13,65
500	82,96	2,52	0,66	11,15
550	87,11	2,42	0,50	6,89
600	89,39	2,19	0,43	4,79

Nota: El oxígeno es obtenido por diferencia de total deduciendo cenizas

Fuente: F. Marcos, 2008

Existe una vinculación entre la composición química y el poder calorífico de la biomasa del carbón vegetal, entonces del proceso de carbonización ya mencionado anteriormente.

Cuadro 7:Poder Calorífico del Carbón Vegetal kcal/kg

Material	Poder calorífico Superior (kcal/kg)	Poder calorífico Inferior (kcal/kg)
Briquetas de carbón vegetal	7.200 – 7.970	7.090 – 7.850
Carbón vegetal de retorta:		
Fronosas blandas	5.850 – 7560	5.550 – 7.390
Fronosas duras	7.590 – 7.764	7.406 – 7.577
Carbón vegetal de fábrica	7.331 – 7.695	7.143– 7.508

Fuente: F. Marcos, 2008

Y por último las cenizas del carbón vegetal tiene un aproximado de 3,5% o menos de cenizas.

El CARBÓN ECOLÓGICO es un biocombustible fabricado a base de biomásas (fuentes de energía renovable) provenientes de materias orgánicas, que para este caso son utilizados como fuente de combustible sólido. Algunas fuentes de su materia prima son: biomásas silvícolas, agrícolas, agroalimentarias, biomasa residual industrial, etc.

La diferencia entre carbón vegetal y ecológico, es que si queremos producir un kilogramo de carbón vegetal se debe adquirir como menudo 4 kilogramos de madera y quemando CO₂ que será liberado a la atmósfera. Por otra parte, en la fabricación del carbón ecológico se requiere de 1 kilogramo de biomasa y someterla a un simple proceso de formación para producir 1 kilogramo de carbón ecológico.

Con respecto al funcionamiento es semejante al del carbón vegetal, resaltando un bajo porcentaje de fino volátiles, no emite chispas y sobre todo genera un mínimo porcentaje de cenizas o en otros casos no llegan a dejar cenizas (depende del tipo de biomasa residual).

Es sublime en usos gastronómicos tanto comercial como doméstico, para parrillas, asados, etc. Porque no altera el sabor de las comidas y no emiten olores desagradables ni humos.

Las características energéticas según (LUCAS, y otros, 2012) si definimos un desarrollo de transformación de la materia viva a combustión se exhorta considerar variables y propiedades, congregado en:

Composición Química.

Para poder comprender, calculamos análisis de los elementos más importantes, los cuales son: el carbón (C), hidrógeno (H), nitrógeno (N), azufre (S), y en algunos casos el cloro (Cl). Por otra parte, existe otros elementos a considerar, pero no de forma directa se obtiene, diferencia entre el peso total y la suma del resto de elementos más la ceniza, nos referimos al oxígeno (O).

Contenido en Humedad. Aquella característica en lo particular se le conoce como humedad relativa, consiste en la relación de la masa de agua contenida por kg

de materia seca. Dicha humedad de la biomasa se logra determinar en 2 tipos: en base seca (h) o en base húmeda (H). Por ello, se aplica la siguiente formula:

$$h = \frac{Ph - Po}{Po} \quad \text{y} \quad H = \frac{Ph - Po}{Ph}$$

Entre tanto menor sea este contenido superior será el valor calorífico de esa biomasa y su proceso de combustión, ya que cuando se carboniza la biomasa, primero se debe evaporar el agua previo a que el calor esté disponible.

Porcentaje en Cenizas. Para hallarlo se plantea la porción de materia sólida que carece combustible por kg de materia prima. Este porcentaje debe ser mucho menos a la materia seca.

Poder Calorífico. Cuando la biomasa se incinera totalmente se expulsa energía en forma de calor. El poder calorífico se define como el valor que expone la energía disponible en la biomasa y se denota como la cantidad de energía en unidades física (KJ/Kg).

Densidad Aparente. Para definirlo es la masa por unidad de volumen cuyo material se encuentre en estado físico.

El TIEMPO DE SECADO consiste en medir la duración de la separación de la humedad de los sólidos por una corriente de aire, es decir, es aquel proceso de eliminación de sustancias volátiles para fabricar o producir un producto sólido y seco.

Existen diferentes sistemas de secado, el más común es el de secado natural (secado al aire), este sistema es más económico relativamente, si se toma en cuenta los costos de energía, los cuales se reducen a cero porque no hay. Pero una desventaja de este sistema es que el tiempo empleado en el proceso es largo debido a baja velocidad de secado, además, depende de las condiciones ambientales o sea dependemos del clima de la zona. (ESCOBAR, 2000)

No debemos olvidarnos que a la temperatura se le denomina como una propiedad física, propia y cuantificable de cualquier cuerpo, objeto o materia que nos rodea. Para el área de la física guarda relación con la cuantía de movimiento de las partículas / átomos que componen el cuerpo, objeto o materia, de tal

manera que la cantidad es paralelo al movimiento. Si uno es mayor el otro también lo será, pero si uno es menor el otro de igual manera lo será para dicho cuerpo. (PEÑA, 2007)

RANGOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS PARA BRIQUETAS DE CARBÓN SEGÚN NORMA TÉCNICA UNE-EN 1860-2:2005 Y NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 2060

Cuadro 8: Poder Calorífico del Carbón Vegetal kcal/kg

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS	RANGO
Determinación de Humedad (%)	< 8
Determinación de Ceniza (%)	< 18
Determinación de Densidad (kg/m ³)	>900 y <1300
Determinación de Poder Calorífico (KJ/Kg)	12 500
Determinación de Tamaño (dimensión)	>= 3 cm

Fuente: Norma Técnica UNE-EN 1860-2:2005 Y NTC 2060

III. MÉTODO

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

De acuerdo al Nivel es Explicativa. Según (BERNAL, 2010), según dicho nivel tiene como sustento la prueba de hipótesis y busca que las conclusiones lleven a la formulación o al contraste de leyes o principios físicos. Por otra parte, se examinan las causas-efectos de la relación entre variables.

De acuerdo al método es Inductivo. Según (BERNAL, 2010), se utilizó el razonamiento y así se logró conseguir las conclusiones que se inician de hechos propios aceptados como predilectos, para obtener conclusiones de carácter general.

De acuerdo al enfoque es Cuantitativo porque se recolectaron análisis y datos cuantificados sobre los indicadores, donde estuvo enfocada a determinar los tiempos de secado a temperatura de ambiente de la tusa de maíz para la elaboración y caracterización de las briquetas de carbón ecológico. Además, se adjuntaron referencias a lo largo de cada uno de los tratamientos mediante la aplicación de diseños estadísticos para determinar el tiempo de secado adecuado para la elaboración de las briquetas de carbón ecológico.

Diseño de Investigación

De acuerdo al diseño es experimental- cuasi experimental. Según (BERNAL, 2010), el investigador ejerce poco o ningún control sobre las variables extrañas, los sujetos participantes de la investigación se pueden asignar aleatoriamente a los grupos y algunas veces se tiene grupo de control.

Mediante diferentes muestras se manipuló la variable del tiempo de secado adecuado para lograr obtener un apto proceso en la fabricación de briquetas de carbón ecológico, y así obtener las adecuadas características físico-químicas.

El diseño aplicar Diseño de Bloques Completamente Aleatorios.

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_k + \epsilon_{ijk}$$

μ = promedio poblacional

α_i = Tratamiento con los diferentes tiempos

β_k = efecto de bloques

ϵ_{ijk} = error experimental

X_{ijk} = Observaciones experimentales

i = tiempo de secado

$i = 3$

k = Bloques

$k = 3$

3.2. Variables, Operacionalización

Tabla 1: Operacionalización de Variables

Variable		Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Variable Independiente	Determinación de tiempo de secado a temperatura ambiente	<p>El tiempo de secado consiste en medir la duración de la separación de la humedad de los sólidos por una corriente de aire, es decir, es un proceso de eliminación de sustancias volátiles para fabricar o producir un producto sólido y seco.</p> <p>Existen diferentes sistemas de secado, el más común es el de secado natural (secado al aire), este sistema es más económico relativamente, si se toma en cuenta los costos de energía, los cuales se reducen a cero porque no hay. Pero una desventaja de este sistema es que el tiempo empleado en el proceso es largo debido a baja velocidad de secado, además, depende de las condiciones ambientales o sea dependemos del clima de la zona. (ESCOBAR, 2000)</p>	Para el proceso de secado de las briquetas se aplicó en 3 tiempos de 1, 2 y 3 días con respecto a la temperatura de ambiente.	Tiempo	Tiempo de secado	De Razón

Variable dependiente	Elaboración y caracterización de briquetas de carbón ecológico	<p>Transformación u obtención de un combustible formado por la condensación de algún modelo de biomasa residual (MARTIN, 2001), y en cuanto a la caracterización química, puede definirse su humedad, su contenido en cenizas, su composición y su poder calorífico. El contenido en humedad de las briquetas influye en la estabilidad del combustible durante el almacenamiento; así, conviene que la humedad sea lo más baja posible con objeto de evitar la existencia de actividad biológica, que puede generar degradación en las briquetas (...) Por otro lado, el poder calorífico determina la capacidad del biocombustible para ceder calor durante la combustión. Por último, la composición de la biomasa, su contenido en cenizas y la composición de estas cenizas determinan las emisiones y la cantidad y tipo de cenizas que se obtendrán en el proceso de combustión. (SEBASTIÁN, y otros, 2010)</p>	<p>Se aplicó el método por calcinación por incineración. Se utilizó el instrumento de la mufla</p>	Características Físico-químicas	Porcentaje de Cenizas	De Razón
			<p>Para hallar la humedad (%) se hizo por el método de estufa.</p>		Porcentaje de Humedad	De Razón
			<p>Para determinar la temperatura se utilizó el instrumento del termómetro, que mide la temperatura.</p>		Temperatura	De Razón
			<p>Para medir la densidad de las briquetas del carbón ecológico se aplicó la siguiente formula: D= densidad M= masa V= volumen</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">D= M / V</div>		Densidad	De Razón
			<p>Se determinó el color evaluando el resultado de las pruebas experimentales</p>		Color	Ordinal

			Se determinó la forma evaluando el resultado de las pruebas experimentales		Tamaño	Nominal
			Con un cronómetro se tomó el tiempo que demora en encender y apagarse la briqueta de carbón ecológico.		Tiempo de rendimiento (encendido/duración)	De Razón
			Se elaboró una hoja de costos de producción, teniendo en cuenta la siguiente fórmula: <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">CT= CF+CV</div> CT= costo total CF= costos fijos o directo CV= costos variables o indirecto	Costo	Costo	De Razón

Elaboración propia.

3.1. Población y muestra

Población

Para la elaboración de las briquetas de carbón ecológico se utilizó 15 kg de tusa de maíz que equivale a 15 000 gr, y que luego serán asignadas a 5 kg por cada bloque, donde la masa de cada muestra fue de 5000 gr.

Muestra

Se tomó 1kg o 1000 gr (2) briquetas de carbón ecológico para determinar las características físico-químicas, tiempo de rendimiento y su costo. Para la determinación de cenizas, porcentaje de humedad, temperatura, densidad, color, tamaño y forma (características físico-químicas) la muestra será 1 briqueta que pesa 500 gr y se utilizará para el tiempo de rendimiento la muestra de otra briqueta de igual masa 500 gr.

Se evaluaron distintas muestras para elaborar y caracterizar las briquetas de carbón ecológico mediante los factores y niveles. A continuación, se observan en la siguiente tabla N°01.

Tabla 2: Factores y Niveles del Tiempo de Secado

FACTORES	NIVELES Para 1000 gr o 2 Briquetas	CLAVE
	TIEMPO (días)	
TIEMPO DE SECADO DEL CARBON VEGETAL	0	T0
TIEMPO DE SECADO DE BRIQUETAS DE CARBON ECOLÓGICO	2	T1
	3	T2
	4	T3

Elaboración propia

En la presente investigación comprende el factor tiempo de secado de briqueta de carbón ecológico en tres niveles: 2, 3 y 4 días. En función a los tratamientos que se dan en la siguiente tabla N°02.

Tabla 3: Tratamientos

TRATAMIENTOS	TIEMPO DE SECADO DE BRIQUETAS DE CARBON ECOLÓGICO (días)
T0	0
T1	2
T2	3
T3	4

Elaboración propia

Se realizó 4 muestras por cada bloque y se trabajaran en tres bloques completamente aleatorios. La unidad experimental se encontró conformada por 500 gr de briquetas de carbón ecológico.

Tabla 4: Esquema de Distribución de los Tratamientos en Bloque Completamente Aleatorios.

BLOQUES	TRATAMIENTOS			
I	T2 500 ~	T0 500	T1 500	T3 500
II	T0 500	T2 500	T3 500g -	T1 500g -
III	T3 500	T0 500	T1 500g r	T2 500gr

Elaboración propia

Unidad de análisis y criterio de selección

La unidad de análisis será las briquetas (en gramos).

Se consideró la población total porque carece de criterio de selección

3.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

La técnica que se utilizó en función a los indicadores de las características físico-químicas es de una observación no experimental, pero se realizó examen a las proporciones escogidas de los tratamientos (VER ANEXO N°02) y se contrastará con la Norma UNE-EN 1860-2/2005 - “Aparatos, combustibles sólidos y sustancias de encendido para el asado en barbacoas” y Norma Técnica Colombiana NTC 2060 - “Briquetas combustibles para uso doméstico” (VER ANEXO N°18). En la siguiente tabla N°05 se especifica las técnicas e instrumentos de recolección de datos según los indicadores de las variables.

Tabla 1:Técnicas e instrumentos de recolección de datos

INDICADORES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Tiempo de secado	Observación experimental	Hoja de control físico-químicos efectuados en las briquetas de carbón ecológico. (Ver anexo N°2.1)
Cenizas	Observación no experimental	
Humedad		
Temperatura		
Nivel de Densidad		
Color		
Tamaño		
Forma		
Tiempo de rendimiento	Observación experimental	Hoja de control de tiempo de rendimiento de las briquetas de carbón ecológico. (Ver anexo N°2.2)
Costo	Análisis documentario	Hoja de costos de producción. (Ver anexo N°2.3)

Elaboración Propia

3.3. Procedimientos

Se determinó la muestra, Se tomó 1kg o 1000 gr (2) briquetas de carbón ecológico. Después de ello se evaluaron distintas muestras para elaborar y caracterizar las briquetas de carbón ecológico mediante los factores y niveles: tiempo de secado del carbón vegetal y de la briqueta de carbón ecológico. Para el factor del tiempo de secado de la briqueta de carbón ecológico se dividió en tres niveles: 2, 3 y 4 días.

Luego se realizó cuatro muestras por cada bloque y se trabajaron en tres bloques completamente aleatorios. Se aplicó instrumentos ya validados: Hoja de Control Físico-Químicos efectuados en las Briquetas de Carbón Ecológico

3.4. Método de análisis de datos

Para el tiempo de secado a temperatura ambiente de las briquetas, se analizó mediante pruebas de laboratorio que directamente se relacionan con las variables de humedad y densidad. Aquellos valores fueron analizados mediante pruebas Duncan.

Por otra parte, para el análisis de las características físico-químicas se utilizó la parte estadística, donde se usó técnicas de análisis de varianza (ANVA) que fueron luego contrastadas según las normas técnicas UNE-EN 1860-2/2005 y NTC 2060. (VER ANEXO N°18) Por último, para evaluar el costo de producción de dichas briquetas se utilizó la fórmula de costos de producción.

3.5. Consideraciones éticas

En esta investigación se sostuvo la claridad y autenticidad de los datos e información, la consideración por cuidado de nuestro medio ambiente y la responsabilidad social. Es acopiada a la norma técnica UNE-EN 1860-2:2005 y Norma Técnica Colombiana NTC 2060 - "Briquetas combustibles para uso doméstico" (VER ANEXO N°18), de este modo se estaría controlando la calidad del producto.

IV. RESULTADOS

- Determinar el tiempo de secado adecuado a temperatura ambiente para la elaboración de las briquetas del carbón ecológico mediante diseño de experimentos.

Cuadro 9: Tiempos De Secado A Temperatura Ambiente De La Fabricación De Carbón Ecológico

CLASIFICACIÓN	HUMEDAD (%) (≤8%)	CENIZAS (%) (≤18%)	TEMPERATURA (°C)	DENSIDAD (gr/ cm ³) (>0.9 y 1.3<)	TAMAÑO-VOLUMEN (cm ³)	COLOR	TIEMPO DE ENCENDIDO (min/hrs)	TIEMPO DE APAGADO (min/hrs)
2 días	1.13	5.22	67.33	0.873	549.78	4	13.67 min	1.267 hr
3 días	0.713	4.56	87	0.692	659.736	2.67	10.67 min	1.467 hr
4 días	0.93	5.82	103.67	0.838	604.758	2.33	8.33 min	2.067 hr

Fuente: Análisis de varianza y Pruebas Duncan

Según el cuadro N°09, el tiempo de secado de 4 días a temperatura ambiente de la fabricación de las briquetas de carbón ecológico resultó ser el mejor. Siendo 0.93 el porcentaje de humedad, 5.82 el porcentaje de cenizas, 0.838 gr/cm³ de densidad, 103.67 °C de temperatura de encendido, 604.758 cm³ de tamaño (volumen), 8.33 minutos de tiempo de encendido y siendo su tiempo de apagado superior al de 2 y 3 días. Todos los resultados de estos análisis están dentro de los parámetros de las normas técnicas de UNE-EN 1860-2:2005 - "Aparatos, combustibles sólidos y sustancias de encendido para el asado en barbacoas" y Norma Técnica Colombiana NTC 2060 - "Briquetas combustibles para uso doméstico"; (VER CUADRO N°08)

- Determinar las características físico-químicas para los diferentes tiempos de secado a temperatura ambiente para la elaboración de las briquetas de carbón ecológico a base de la tusa de maíz mediante pruebas de laboratorio.

Las siguientes características físico-químicas que se determinaron son:

-HUMEDAD Y CENIZA:

Cuadro 10: Porcentaje de Humedad y Ceniza para los diferentes Tratamientos

ANÁLISIS QUÍMICOS					
FECHA	MUESTRAS	BLOQUES	TRATAMIENTOS	DETERMINACIÓN DE CENIZA (%)	DETERMINACIÓN DE HUMEDAD (%)
29/09/2018	Muestra 1	B1	T2	4.61	0.48
29/09/2018	Muestra 2	B1	T0	3.30	0.66
1/10/2018	Muestra 3	B1	T1	7.15	1.10
1/10/2018	Muestra 4	B1	T3	7.14	0.80
2/10/2018	Muestra 5	B2	T0	3.00	0.53
2/10/2018	Muestra 6	B2	T2	4.90	0.98
3/10/2018	Muestra 7	B2	T3	4.58	1.06
3/10/2018	Muestra 8	B2	T1	3.60	0.71
4/10/2018	Muestra 9	B3	T3	5.73	0.93
4/10/2018	Muestra 10	B3	T0	3.20	0.87
4/10/2018	Muestra 11	B3	T1	4.90	1.58
4/10/2018	Muestra 12	B3	T2	4.16	0.68

Fuente: Ficha de laboratorio del Departamento Académico de suelo de la Universidad Nacional de Piura

En el siguiente cuadro N°10 se observó que el porcentaje de ceniza más alto de todas las muestras es de 7.15%, siendo del bloque 1 con el tratamiento 1. Por otra parte, el porcentaje de humedad más alto fue de 1.58%, siendo del bloque 3 con el tratamiento 1.

Estos 2 resultados en conjunto con el resto, se encuentran dentro de los parámetros establecidos por las normas técnicas ya mencionadas.

Las muestras se llevaron al laboratorio del Departamento Académico de suelo de la Universidad Nacional de Piura para sus análisis. (VER ANEXO N°10)

-DENSIDAD

Cuadro 11:Densidades para los Diferentes Tratamientos.

ANÁLISIS FÍSICOS				
FECHA	MUESTRAS	BLOQUES	TRATAMIENTOS	DENSIDAD (gr/ cm ³)
29/09/2018	Muestra 1	B1	T2	0.7048
29/09/2018	Muestra 2	B1	T0	0.3378
1/10/2018	Muestra 3	B1	T1	0.9822
1/10/2018	Muestra 4	B1	T3	0.9425
2/10/2018	Muestra 5	B2	T0	0.3775
2/10/2018	Muestra 6	B2	T2	0.6442
3/10/2018	Muestra 7	B2	T3	0.7937
3/10/2018	Muestra 8	B2	T1	0.7276
4/10/2018	Muestra 9	B3	T3	0.7772
4/10/2018	Muestra 10	B3	T0	0.3179
4/10/2018	Muestra 11	B3	T1	0.9095
4/10/2018	Muestra 12	B3	T2	0.7276

Fuente: Hoja de Control de las Características físico-químicas de las briquetas de carbón ecológico.

Para determinar la densidad se utilizó la siguiente formula: $\rho = m/v$; dónde: ρ : es la densidad m: es igual a masa v: es el volumen

Al comienzo, se pesaron las muestras con una balanza digital teniendo como resultado la masa en gramos (VER ANEXO N°14, TABLA N°04). Luego se procedió hallar el volumen de cada muestra (VER ANEXO N°14, TABLA N°05).

En el siguiente cuadro N°11 se observó que la muestra 3 con un tiempo de secado de 2 días, arroja una mayor densidad de 0.9822 gr/ cm³ que a comparación de la muestra 10 es la de menor densidad teniendo como resultado 0.3179 gr/ cm³.

-TEMPERATURA

Cuadro 12: Temperatura para los Diferentes Tratamientos (distancia de 20 cm)

ANÁLISIS QUÍMICOS				
FECHA	MUESTRAS	BLOQUES	TRATAMIENTOS	TEMPERATURA (°C)
29/09/2018	Muestra 1	B1	T2	90
29/09/2018	Muestra 2	B1	T0	128
1/10/2018	Muestra 3	B1	T1	70
1/10/2018	Muestra 4	B1	T3	99
2/10/2018	Muestra 5	B2	T0	135
2/10/2018	Muestra 6	B2	T2	82
3/10/2018	Muestra 7	B2	T3	110
3/10/2018	Muestra 8	B2	T1	63
4/10/2018	Muestra 9	B3	T3	102
4/10/2018	Muestra 10	B3	T0	120
4/10/2018	Muestra 11	B3	T1	69
4/10/2018	Muestra 12	B3	T2	89

Fuente: Hoja de Control de las Características físico-químicas de las briquetas de carbón ecológico.

En el siguiente cuadro N°12 se observó que la temperatura más alta ejercida a una distancia de 20 cm es de 135°C que le pertenece al testigo. Por otra parte, la muestra 7 que le pertenece a los 4 días de secados respectivamente, se asemeja al testigo con una temperatura de 110°C.

Estos 2 resultados se encuentran dentro de los parámetros establecidos por las normas técnicas ya mencionadas.

Se usó una parrilla para así poder quemar las briquetas y con un termómetro digital se midió la temperatura de las briquetas a una distancia de 20 cm.

-TAMAÑO:

Cuadro 13:Tamaño-Volumen Para Los Diferentes Tratamientos.

ANÁLISIS FÍSICOS				
FECHA	MUESTRAS	BLOQUES	TRATAMIENTOS	TAMAÑO-VOLUMEN (cm ³)
29/09/2018	Muestra 1	B1	T2	659.7360
29/09/2018	Muestra 2	B1	T0	1125
1/10/2018	Muestra 3	B1	T1	549.7800
1/10/2018	Muestra 4	B1	T3	604.7580
2/10/2018	Muestra 5	B2	T0	1020
2/10/2018	Muestra 6	B2	T2	659.7360
3/10/2018	Muestra 7	B2	T3	604.7580
3/10/2018	Muestra 8	B2	T1	549.7800
4/10/2018	Muestra 9	B3	T3	604.7580
4/10/2018	Muestra 10	B3	T0	1053.6400
4/10/2018	Muestra 11	B3	T1	549.7800
4/10/2018	Muestra 12	B3	T2	659.7360

Fuente: Hoja de Control de las Características físico-químicas de las briquetas de carbón ecológico.

En el siguiente cuadro N°13 se observó que para los 2 días de secado su tamaño (volumen) de la muestra fue de 549.7800 cm³, para los 3 días de secado fue de 659.7360 cm³ y por último para los 4 días de secado fue de 604.7580. Las muestras de briquetas no tienen las mismas dimensiones, unas son más anchas o largas que otras (VER ANEXO N°14, TABLA N°06). Después de medir sus

dimensiones se procedió a determinar el volumen de un cilindro, que es la forma que tiene la briqueta.

-COLOR:

Cuadro 14: Color para Los Diferentes Tratamientos.

ANÁLISIS FÍSICOS				
FECHA	MUESTRAS	BLOQUES	TRATAMIENTOS	COLOR
29/09/2018	Muestra 1	B1	T2	2
29/09/2018	Muestra 2	B1	T0	3
1/10/2018	Muestra 3	B1	T1	4
1/10/2018	Muestra 4	B1	T3	2
2/10/2018	Muestra 5	B2	T0	3
2/10/2018	Muestra 6	B2	T2	3
3/10/2018	Muestra 7	B2	T3	3
3/10/2018	Muestra 8	B2	T1	4
4/10/2018	Muestra 9	B3	T3	2
4/10/2018	Muestra 10	B3	T0	2
4/10/2018	Muestra 11	B3	T1	4
4/10/2018	Muestra 12	B3	T2	3

Fuente: Hoja de Control de las Características físico-químicas de las briquetas de carbón ecológico.

En el siguiente cuadro N°14 se observó que, para determinar el color adecuado, se procedió a realizar una tabla de determinación de factores organolépticas de calidad en el color de las briquetas de carbón ecológico a base de tusa de maíz (VER ANEXO N°14, TABLA N°07).

La valoración 3 es la adecuada, debido que se hace referencia al color negro, siendo el color aceptable para las briquetas de carbón ecológico.

TIEMPO DE RENDIMIENTO:

Tiempo en encender y en apagarse: para medir el tiempo que demora en encender las briquetas y en apagarse, se usó un cronómetro y los tiempos que se obtuvieron se encuentran en la Hoja de Control de Tiempo de Rendimiento. (VER ANEXO N°12)

- Evaluar el costo de la elaboración de carbón ecológico a partir de la tusa de maíz mediante una hoja de costos de producción.

Después de la elaboración de las briquetas ecológicas a base de tusa maíz y sus respectivos análisis físico-químicos analizados, se procedió a realizar los costos de producción. Para evaluar dichos costos se diseñó un formato (VER ANEXO N°02) y fue completado con datos correspondientes (VER ANEXO N°13).

Para determinar los costos de producción aplicamos la siguiente fórmula:

Costo Total de Producción= CF+CV ; dónde:

Costo Fijo= Materiales y equipos + Mano de obra indirecta y transporte

Costo Variable= Materia prima e insumos + Mano de obra directa

Tabla 2:Costos para la elaboración de las briquetas ecológicas a base de tusa de maíz.

COSTOS	COSTOS FIJOS (S/)	COSTOS VARIABLES (S/)
PRECIOS	0.20	0.80
	0.20	30.00
	0.50	1.25
	0.20	20.00
	0.50	0.20
	0.20	5.00
	-	2.50
	-	15.00
TOTAL (S/)	1.60	74.75

Elaboración propia

Entonces tenemos lo siguiente:

. **Costo Total de Producción= 1.60 + 74.75** . **CTP = S/.76.35**

. Costo por 1kg= CTP / CANTIDAD PRODUCIDA

. Costo por 1kg= 76.35 / 4.330 kg . **Costo por 1kg= S/.17.6**

V. DISCUSIÓN

En tanto al primer objetivo específico radicó en determinar el tiempo de secado adecuado a temperatura ambiente para la elaboración de las briquetas del carbón ecológico mediante diseño de experimentos, se obtuvo como resultado lo siguiente: 2, 3 y 4 días de secado a temperatura ambiente (entre 25°C a 28°C), se consideró el día 4 el mejor, debido a que mientras mayor sea los días de secado de las briquetas mayor es su combustión.

Si bien, (FONSECA CUENCA, y otros, 2012) el desarrollo de los días de secado de sus briquetas las concretó al ambiente a una temperatura de 20°C, estimando que sus briquetas ya se encuentren listas para su combustión en 9 días de secado. De modo que, los resultados obtenidos de la investigación difieren, esto se debe a que las temperaturas de ambiente han variado, por ello, Fonseca al experimentar con temperaturas menores, los días de secado se extendieron.

Así como el segundo objetivo específico que radicó en determinar las características físico-químicas para los diferentes tiempos de secado a temperatura ambiente para la elaboración de las briquetas de carbón ecológico a base de la tusa de maíz mediante pruebas de laboratorio, se alcanzaron 2 dimensiones:

La primera dimensión que depende de las características físicas tiene como indicadores: % Humedad, %ceniza, densidad, tamaño, color y tiempo de rendimiento.

Para el primer indicador se relaciona con el porcentaje de h, se tomaron los siguientes tanteos: para el tiempo de secado de 2 días fue 1.13% de h, con 3 días de secado 0.713% de h y con 4 días de secado 0.93% de h. Asimismo, (VERA VELAZQUEZ, 2014) para la determinación de humedad de sus briquetas fueron de 43.6%, 47.4% y 48% respectivamente, considerando la mejor briqueta aquella que posee un valor menor del 43.6% de humedad. Al realizarse de manera artesanal con temperatura ambiente en el secado del proceso de una briqueta ecológica, el porcentaje

de humedad sobrepasa el 40%, del mismo modo, se considera mejor briqueta la que posee menor porcentaje de humedad. Para las normas técnicas UNE-EN 1860-2:2005 - “Aparatos, combustibles sólidos y sustancias de encendido para el asado en barbacoas” y Norma Técnica Colombiana NTC 2060 - “Briquetas combustibles para uso doméstico” el promedio del porcentaje de humedad es de 8%. Por lo consiguiente, en la investigación presentada todas las briquetas en los diferentes tiempos de secado (2,3 y 4 días) se encuentran dentro del promedio. (VER CUADRO N°08)

Para el segundo indicador relacionado con el porcentaje de cenizas, se llegaron a los siguientes resultados: para las briquetas con 2 días de secado 5.22% de cenizas, con 3 días de secado 4.56% de cenizas y con 4 días de secado 5.82% de cenizas. Igualmente (VERA VELAZQUEZ, 2014) sus briquetas obtuvieron como resultado 4.35%, 8.04% y 12.77% de cenizas, considerando todas, debido a que no sobrepasan el 20% de su masa. Asimismo, basándose en las normas técnicas UNE-EN 1860-2:2005 - “Aparatos, combustibles sólidos y sustancias de encendido para el asado en barbacoas” y Norma Técnica Colombiana NTC 2060 - “Briquetas combustibles para uso doméstico” el promedio del porcentaje de cenizas es de 18%. De este modo, en la investigación presentada todas las briquetas en los diferentes tiempos de secado (2,3 y 4 días) se encuentran dentro del rango. (VER CUADRO N°08)

Para el tercer indicador relacionado con la densidad, los resultados en esta investigación fueron: para los 2 días de secado se obtuvo una densidad de 0.873 gr/ cm³, para los 3 días de secado 0.692 gr/cm³ y por último para los 4 días de secado 0.838 gr/ cm³. Del mismo modo, (FONSECA CUENCA, y otros, 2012) sus briquetas llegaron a extraer una densidad de 0,34 gr/ cm³ y 0,58 gr/ cm³. Cabe resaltar que las briquetas se diferencian de otros biocombustibles por su alta densidad, mientras más densa es la materia prima, el producto tendrá mayor densidad (MARTIN, 2001). Para las normas técnicas UNE-EN 1860-2:2005 - “Aparatos, combustibles sólidos y sustancias de encendido para el asado en barbacoas” y Norma Técnica Colombiana NTC 2060 - “Briquetas combustibles para uso doméstico” el

promedio de densidad es entre 0.9 y 1.3 gr/ cm³. Por lo consiguiente, en la investigación presentada las briquetas de 3 y 4 días de secado se acercan al rango establecido.

Para el cuarto indicador relacionado con el tamaño, se optaron las siguientes medidas: para las muestras de los 2 días de secado fueron 2 cm diámetro interno, 12 cm diámetro externo y 5 cm de altura; para los 3 días de secado fueron 2 cm diámetro interno, 12 cm diámetro externo y 6 cm de altura; y para los 4 días de secado fueron 2 cm diámetro interno, 12 cm diámetro externo y 5.5 cm de altura. Del mismo modo, (RODRÍGUEZ, 2010) en su investigación sus briquetas obtuvieron las respectivas dimensiones: 12 cm de largo y 6 cm de diámetro, para (FONSECA CUENCA, y otros, 2012) el tamaño de sus briquetas obtuvo: 7 cm de diámetro externo, 1.7 cm de diámetro interno y 8 cm de altura. A fin de cuentas, existen una variedad de formas y tamaños de las briquetas y va a depender de la maquinaria briquetadora que utilizará en su obtención.

Para el quinto indicador relacionado con el color, en esta investigación se optó por una escala de valores del 1 a 5, siendo el primero un color gris y el último un negro intenso. Los resultados que se obtuvieron son: para los 2 días de secado una valoración de 2 (negro oscuro), para los 3 días de secado una valoración de 2.67 (se aproxima al 3, sería de color negro) y para los 4 días de secado una valoración de 2.33 (gris oscuro). De ese modo, para (RODRÍGUEZ, 2010) el color que define que llego a tener en sus briquetas fue del mismo color de la materia prima. Otros autores como (VERA VELAZQUEZ, 2014) en sus pruebas realizadas obtuvo un color café. Para (MARTIN, 2001) el color de las briquetas es semejantes al de su materia prima y del proceso que pasa para llegar ser una briqueta. Finalmente, la tusa paso por el proceso de carbonización y esto permitió que el color de la briqueta sea de color negro, considerando este color el adecuado para nuestra briqueta.

Para el sexto indicador relacionado con el tiempo de rendimiento, en esta investigación se obtuvieron los siguientes resultados: para los 2 días de secado 1.267 hrs/min, 3 días de secado 1.467 hrs/min y 4 días de secado 2.067 hrs/min. Asimismo (VERA VELAZQUEZ, 2014) presentan 14.26 min,

10.93 min y 20.33 min de tiempo de promedio de rendimiento en sus briquetas. De la misma forma (RODRIGUEZ, 2010) obtuvo que el periodo medio para dichas briquetas minerales asciende de 4 Horas por kg. Finalmente, se llegó a la conclusión que mientras mayor sea el tiempo de rendimiento, mejor será la calidad de la briqueta ecológica.

La segunda dimensión que depende de la característica química tiene como indicador: la temperatura, se obtuvo a una distancia de 20 cm para los 2 días de secado 67.33 °C, para los 3 días de secado 87 °C y para los 4 días de secado 103.67 °C, siendo este último el mejor. Para (Martín, 2012) si la temperatura es alta se hace referencia a un excelente biocombustible, puesto contrario, las temperaturas bajas son referentes a biocombustibles más prudentes.

Por último, el tercer objetivo específico en evaluar el costo de la elaboración de carbón ecológico a partir de la tusa de maíz mediante una hoja de costos de producción, se obtuvo como resultado lo siguiente: se llegó a producir 4.330 kg de briquetas a base de tusa de maíz, teniendo como respuesta S/76.35 el costo total de producción, el cual se llegó a tener el precio de un kg de briquetas de carbón ecológico por S/17.60. Para (DA SILVA, 2013) teniendo presente estos parámetros mencionados, podemos encontrar aspectos positivos respecto a lo financiero y también social, por lo que se recomienda la implementación del mismo.

VI. CONCLUSIONES

- Se estimaron 3 tiempos de secado a una temperatura ambiente y para seleccionar el mejor tiempo se realizaron diferentes pruebas experimentales, concluyendo que mientras mayor sea el tiempo de secado mejor será su combustión.
- Se describieron las características físico químicas para los diferentes tiempos de secado, concluyendo lo siguiente: se prefirió por una briqueta de color negro (debido a la carbonización de la materia prima), de forma cilíndrica con un orificio en el centro, de tamaño-volumen de 604.758 cm³ (12 cm de diámetro externo, 2 cm de diámetro interior y 5.5 cm de altura). Las briquetas con un tiempo de secado de 4 días fue la mejor, debido a que alcanzó una densidad de 0.838 gr/cm³, su porcentaje de humedad fue de 0.93%, su porcentaje de ceniza fue de 5.82%, la temperatura de encendido que se registró a una distancia de 20 cm fue de 103.67 °C y siendo su tiempo de rendimiento mayor al de 2 y 3 días, con un tiempo de encendido de 8.33 min y tiempo de apagado de 2.067 hrs/min.
- Se evaluaron los costos para la elaboración artesanal de las briquetas ecológicas llegando a la conclusión, que mientras menor sea la cantidad de producción, el costo por cada kilogramo de briquetas será muy elevado (Ej.: 4.330 kg a producir equivale a S/17.60 que es el precio por 1 kg de briquetas). Pero si mayor es la cantidad a producir, el precio por un kilogramo de briquetas de carbón ecológico disminuirá considerablemente.

VII. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda a las personas que se están involucrando en el tema de biocombustibles como fuente de energía doméstica, que sigan investigando acerca de que otras materias primas se deben aprovechar como fuente de energía. Recordemos que la tusa de maíz, el café, la caña de azúcar y entre otros, no son las únicas materias primas para el uso de briquetas de carbón ecológico.

- ✓ Piura necesita de empresarios que inviertan en pequeños proyectos para contribuir en el cuidado de nuestro ecosistema (sobre todo de nuestro bosque seco), por ello se recomienda invertir en una fábrica para la elaboración de briquetas ecológicas a base de residuos agrícolas que son despilfarrados diariamente, teniendo en cuenta que el presupuesto para inaugurar dicha fábrica es accesible y con ganancias a corto plazo.

- ✓ Para potenciar e incentivar a la compra de estas innovadoras briquetas ecológicas, se recomienda fomentar que existen alternativas de biocombustibles domésticos, considerando que son fabricados a base de residuos agrícolas, a través de cursos y talleres en colegios, institutos y universidades.

REFERENCIAS

ALEXANDER VERA VELÁSQUEZ, (2014) “Diseño de briquetas ecológicas para la generación de energía calorífica y mejoramiento de ecosistemas en el corregimiento de Nabusimake, municipio de Pueblo Bello-Cesar” [Consulta 15 de abril de 2015] Disponible: <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/61111/1/92694041.pdf>

ALIBABA. Máquina briquetadora. Recuperado el 15 de septiembre 2017. Obtenido de: https://www.alibaba.com/product-detail/High-Efficiency-Corn-CobStrawHay_60696674636.html?spm=a2700.7724838.2017115.75.7c23a4f6W6Abtv

AMTEX. (s.f) Método para determinar la humedad. Recuperado el 12 de julio 2017. Obtenido de: http://www.amtexcorp.com/repositorioaps/0/0/jer/informacion_tecnica_hijo/MetodoHumedad.Pdf

ATMOSPHERIC ENVIRONMENT. (2014) Estimation and characterization of gaseous pollutant emissions from agricultural crop residue combustion in industrial and household sectors of Pakistan. Recuperado el 20 de septiembre 2017. Obtenido de: <http://www.b-ware.eu/sites/default/files/publicaties/Irfan-AtmEnv-2014.pdf>

BALLESTEROS, M. 2008. Biomasa como recurso energetico. En HERAS, M., Fuente de Energia para el Futuro, España, Ministerio de Educación Ed., 125-140 p

BARRERA, CONSUELO. 2010. Cadprebasicahn blg. *Cadprebasicahn blg*. [En línea] Julio de 2010. [Citado el: 22 de Mayo de 2017.] <https://cadprebasicahn.files.wordpress.com/2010/07/artesantias-de-tusa.pdf>.

BERNAL, CÉSAR AUGUSTO. 2010. *Metodología de la investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Tercera . Colombia : Pearson Educación, 2010. ISBN 978-958-699-128-5.

BORJA, M. 2006. Aprovechamiento de los residuos forestales para uso energético. España, Univ. Politec. Valencia Ed., 158p.

CAMPS, MANUEL Y MARTÍN, FRANCISCO MARCOS. 2008. *Los Biocombustibles*. Segunda. Madrid : Mundi-Prensa, 2008. ISBN 978-84-8476-360-4.

CARBONES PASCUAL (2015). "Concepto de carbon" [Consulta 15 de abril de 2016] Disponible: <http://carbonespascual.es/productos-carbon-vegetal/briquetas>

CARRASCO Díaz, Sergio. Metodología de la investigación científica. Lima: Editorial San Marcos. ISBN: 978-9972-38-344-1

CORPOICA. (s.f. de s.f. de s.f.). Areas tematicas de Bionergia. Obtenido de <http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Documento/JatrophaContrataciones/Q UEESLABI OENERGIA.pdf>

DE LUCAS, A; TARRANCO, C. (s.f) Biomasa, biocombustibles y sostenibilidad. Recuperado el 12 de julio 2017. Obtenido de: <http://sostenible.palencia.uva.es/system/files/publicaciones/Biomasa%2C%20Biocombustibles%20y%20Sostenibilidad.pdf>

DÍAZ, M., GONZÁLES, A., SIFUENTES, D, & GONZALES, E. (2010). El carbón vegetal: alternativas de energía y productos químicos. Material inédito. Revista Xilema, 1, 95-103.

DICOVSKIY, L., BENITO, C. Y RODRIGUEZ, A. (2018). Validación de briquetas elaboradas con cascarilla de café para el remplazo de leña en la producción de rosquillas de maíz. El Higo, revista de ciencias y tecnología, 4(1), 10-19. Recuperado de <http://ribuni.uni.edu.ni/761/1/160-266-1-PB.pdf>

ESCOBAR, OSCAR. 2000. Actividad Cultural del Banco de la República: *Actividad Cultural del Banco de la República*: [En línea] 2 de Octubre de 2000. [Citado el: 1 de Junio de 2017.] <http://www.banrepcultural.org/node/65128>.

FAO. 1983. Métodos simples para fabricar carbón vegetal. [En línea] 1983. [Citado el: 1 de junio de 2017.] <http://www.fao.org/docrep/X5328S/X5328S00.htm>. ISBN 92-5-301328-1.

FELIX JORGE; Catedra Maquinas Térmicas: Captulo 1 Poder Calorifico; [En línea]; Universidad tecnológica nacional facultad regional Mendoza; [Consultado 15 de agosto de 2019]; disponible en:

http://www.edutecne.utn.edu.ar/maquinas_termicas/01-poder_calorifico.pdf

FERNÁNDEZ, J. (2009) Poder Calorífico. Recuperado el 8 de septiembre 2017. Obtenido de: http://www.edutecne.utn.edu.ar/maquinas_termicas/01-poder_calorifico.pdf

FONDEUR, CARLOS. 2009. El Tajo. *El tajo*. [En línea] 18 de Agosto de 2009. [Citado el: 25 de Abril de 2017.] <http://eltajo1.blogspot.pe/2009/08/la-tusa-usos-y-aplicaciones.html>.

FONSECA CUENCA, EDISON y TINGO, LUIS. 2012. *Desarrollo de un proceso tecnológico para la obtención de briquetas de aserrín de madera y cascarilla de arroz, y pruebas de producción de gas pobre*. Riobamba : s.n., 2012.

JORDI SEGÚ. (2011). "Concepto de briqueta" [Consulta 15 de abril de 2015] Disponible en: <http://www.jordisegusl.es/briquetas/>

HERAS, M. 2008. Fuentes de Eneqía para el Futuro. España, Ministerio de Educacion,307p. (En línea). Consultado en Agos. 2008. Disponible en URL: [http://books.google.com.pe/books?id=EcpvEn3c8vcC&dq=inauthor:"Her as+Celemín,+Ma+del+Rosario"&source=gbs_navlinks_s](http://books.google.com.pe/books?id=EcpvEn3c8vcC&dq=inauthor:)

NSTITUTO PARA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA. (2008) Biomasa Industrial. Recuperado el 11 de julio 2017. Obtenido de: http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10980_Biomasa_industria_A2008_A_402485e2.pdf

INSTITUTO DE SALUD PÚBLICA DE CHILE, (2011). Procedimiento para determinar cenizas totales. Recuperado el 11 de julio 2017. Obtenido de: 58 http://www.ispch.cl/lab_amb/met_analitico/doc/ambiente%20pdf/CenizasTotales.pdf

JARA, H. (2009) Biomasa y sus Propiedades como Combustible. Recuperado el 11 de julio 2017. Obtenido de: http://www.atcp.cl/privado/docs/revistas/17/rev_154100243301.pdf

- KOLLMANN, FRANZ. 1959. *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*. Madrid : IFIE, 1959.
- LUCAS, ANA ISABEL, PESO, CARLOS Y RODRÍGUEZ, ENCARNA. 2012. *Biomasa, biocombustible y sostenibilidad*. Madrid : Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario. ITAGRA.CT, 2012. 978-84-931891-5-0.
- MARTIN, FRANCISCO MARCOS. 2001. *Biocombustibles solidos de origen vegetal*. Madrid : AENOR, 2001. ISBN 978-84-8143-272-5.
- OBERNBERGER, INGWALD; THEK, GEROLD. (2002) Physical characterization and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behavior. Recuperado el 29 de agosto 2017. Obtenido de: <http://www.biosbioenergy.at/uploads/media/Paper-Obernberger-PelletCharacterisation2004.pdf>
- ORTIZ, L. 2008. Producción de Biocombustibles de Alta Densidad en España. CIDEU , 17 p. (En línea). Consultado en Jul. 2009. Disponible en URL: dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_articulo?codigo=2718831&orden=0
- ORTIZ, L. (1989). Compactacion de biomasa residual . Madrid, España.
- PEÑA, MARTÍN. 2007. Universidad de El Salvador. [En línea] 2007. [Citado el: 10 de Junio de 2017.] https://academica.ues.edu.sv/uiu/elementos_estudio/ciencias_naturales/fisica/termodinamica/termodinamica.pdf.
- RÍOS, Roger. Metodología para la investigación y redacción. 1º ed. España: Servicios Académicos Intercontinentales S.L., 2017. 152pp.
- SAMAMÉ, W. (2017). Determinación del poder calorífico de briquetas de carbón utilizando cantidades de residuos de biomasa. Repositorio.ucv.edu.pe. Retrieved 11 January 2020, from http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/10893/samame_gw.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- SEBASTIÁN, FERNANDO Y GARCÍA GALINDO, DANIEL Y REZEAU, ADELINE. 2010. *ENERGÍA de la biomasa*. Zaragoza : Prensas Universitarias de Zaragoza, 2010. 978-84-92774-91-3.

FONSECA CUENCA, EDISON y TINGO, LUIS. 2012. *Desarrollo de un proceso tecnológico para la obtención de briquetas de aserrín de madera y cascarilla de arroz, y pruebas de producción de gas pobre*. Riobamba : s.n., 2012.

UNEX. (sfp). Poder Calorífico de Maderas y Residuos Agrícolas. España: Termodinámica y Termotecnia.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL. (s.f) Aglutinantes. Recuperado el 15 de agosto 2017. Obtenido de:

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/703/33/TESISC~4.pdf>

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica cuantitativa, cualitativa y mixta. 2ª. ed. Lima: San Marcos, 2013.495 pp. ISBN: 9786123028787

ANEXOS

Anexo N°01: Matriz de Consistencia

Tabla 3: Matriz de Consistencia

Título	Problema General	Objetivo General	Preguntas Específicas	Objetivos Específicos	Variables	Indicadores	Unidad de análisis	Población	Muestra	Técnicas	Instrumentos
“Determinación del tiempo de secado a temperatura ambiente para la elaboración y caracterización de las briquetas de carbón ecológico a base de la	¿Cuál es el tiempo de secado adecuado a temperatura ambiente para la elaboración y caracterización de las briquetas de carbón ecológico a	Determinar el tiempo de secado adecuado a temperatura ambiente para la elaboración y caracterización de las briquetas de carbón ecológico a base de la tusa	¿Cuál es el tiempo de secado adecuado a temperatura ambiente para la elaboración de las briquetas del carbón ecológico?	Determinar el tiempo de secado adecuado a temperatura ambiente para la elaboración de las briquetas del carbón ecológico mediante diseño de experimentos.	Variable independiente: Determinación de tiempo de secado a temperatura ambiente.	Tiempo de secado	La tusa y briqueta	15,000 gr	15,000 gr	Observación experimental	Registro del informe de laboratorio de las características físico-químicas del carbón ecológico (Anexo N°2.1)

tusa de maíz, Piura”	base de la tusa de maíz?	de maíz, Piura.	¿Cuáles son las características físico-químicas para los diferentes tiempos de secado a temperatura ambiente para la elaboración de las briquetas de carbón ecológico a base de la tusa de maíz?	Determinar las características físico-químicas para los diferentes tiempos de secado a temperatura ambiente para la elaboración de las briquetas de carbón ecológico a base de la tusa de maíz mediante pruebas de laboratorio.							
			¿Cuánto es el costo para la elaboración del carbón ecológico a base de la tusa de maíz?	Evaluar el costo de la elaboración de las briquetas de carbón ecológico a partir de la tusa de maíz	Variable dependiente: Elaboración y caracterización de briquetas de carbón ecológico	Determinación de Cenizas	Briquetas de carbón ecológico	1,500 gr	500 gr	Observación no experimental	
			Porcentaje de Humedad								

				mediante una hoja de costos de producción.							
						Temperatura					
						Densidad					
						Color					
						Tamaño					
						Tiempo de rendimiento (encendido/duración)	Briquetas de carbón ecológico	1,500 gr	500 gr	Observación experimental	Registro de tiempo de encendido/duración (Anexo N°2.2)
						Costo	Briquetas de carbón ecológico	1,500 gr	500 gr	Análisis documental	Hoja de costos de producción (Anexo N°2.3)

Elaboración propia

Anexo N°02: Instrumentos

Anexo N°2.1: **HOJA DE CONTROL DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LAS BRIQUETAS DE CARBÓN ECOLÓGICO**

FECHA	BLOQUES	TRATAMIENTOS	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICAS					
			DETERMINACIÓN DE CENIZA (%)	DETERMINACIÓN DE HUMEDAD (%)	TEMPERATURA (°C)	DENSIDAD (gr/cm ³)	COLOR	TAMAÑO
	B1	T2						
	B1	T0						
	B1	T1						
	B1	T3						
	B2	T0						
	B2	T2						
	B2	T3						
	B2	T1						
	B3	T3						
	B3	T0						
	B3	T1						
	B3	T2						

Elaboración propia.

Anexo N°2.2: Hoja de Control de Tiempo de Rendimiento de las Briquetas de Carbón Ecológico

HOJA DE CONTROL DE TIEMPO DE RENDIMIENTO

FECHA	BLOQUE	TRATAMIENTO	TIEMPO DE RENDIMINETO	
			TIEMPO EN ENCENDER (MINUTOS/HORAS)	TIEMPO EN APAGARSE (MINUTOS/HORAS)
	B1			
	B2			
	B3			

Elaboración propia

Anexo N°2.3: Hoja de Costos de Producción

HOJA DE COSTOS

Producto: _____

Fecha de inicio: _____

Costo total: _____

Fecha de término: _____

Costo por 1kg: _____

Cantidad: _____

Fecha	Cantidad	Descripción	Costo	Unidad

RESUMEN

Costo Fijo= Materiales y equipos + Mano de obra indirecta

Costo Variable= Materia prima e insumos + Mano de obra directa

Costo Total=

CF + CV

Elaboración propia.

Anexo N°03: Constancia de validación de instrumentos



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, TERESA C. MONTUÑA DEÑA con DNI N° 02655273 Magister
en ZUMOS TROPICALES
N° CIP: 48208, de profesión INGENIERO AGRÓNOMO
desempeñándome actualmente como PROFESOR A TIEMPO PARCIAL
en LA ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL UCV.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- ✓ Hoja de control físico-químicos efectuados en las briquetas de carbón ecológico
- ✓ Hoja de control de tiempo de rendimiento de las briquetas de carbón ecológico
- ✓ Hoja de costos de producción

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

no

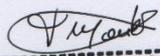
Hoja de control físico-químicos efectuados en las briquetas de carbón ecológico.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización			X		
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

Hoja de control de tiempo de rendimiento de las briquetas de carbón ecológico	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización			X		
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

Hoja de costos de producción	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización			X		
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 21 días del mes de junio del Dos mil Diecisiete.

Mgtr. : ZUMOS TROPICALES
DNI : 02655278
Especialidad : INGENIERO AGRÓNOMO
E-mail : t.montoya.5@hotmail.com


Teresa Consuelo Montoya Peña
INGENIERO AGRÓNOMO
M.Sc. EN AGRINDUSTRIAS
REGISTRO SUP. N° 48206



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Luciana Mercedes Torres Ludeña con DNI N° 02854952 Magister
en Administración con Mención en Gerencia Empresarial
N° CIP: 94321 de profesión Ingeniera Industrial
desempeñándome actualmente como Docente Adscrita
en el Departamento de Investigación de Operaciones de
la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad
Nacional de Piura.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

- ✓ Hoja de control físico-químicos efectuados en las briquetas de carbón ecológico
- ✓ Hoja de control de tiempo de rendimiento de las briquetas de carbón ecológico
- ✓ Hoja de costos de producción

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Hoja de control físico-químicos efectuados en las briquetas de carbón ecológico.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					✓
2. Objetividad					✓
3. Actualidad					✓
4. Organización					✓
5. Suficiencia					✓
6. Intencionalidad					✓
7. Consistencia					✓
8. Coherencia					✓
9. Metodología					✓

Hoja de control de tiempo de rendimiento de las briquetas de carbón ecológico	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					✓
2. Objetividad					✓
3. Actualidad					✓
4. Organización					✓
5. Suficiencia					✓
6. Intencionalidad					✓
7. Consistencia					✓
8. Coherencia					✓
9. Metodología					✓

Hoja de costos de producción	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					✓
2. Objetividad					✓
3. Actualidad					✓
4. Organización					✓
5. Suficiencia					✓
6. Intencionalidad					✓
7. Consistencia					✓
8. Coherencia					✓
9. Metodología					✓

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 21 días del mes de junio del Dos mil Diecisiete.

Mgr. : Administración Commercación en G.E.

DNI : 02854952.

Especialidad: Ingeniera Industrial.

E-mail : ing.lucianatorres@gmail.com.



 Luciana Mercedes Torres Lydeña
 Ingeniero Industrial
 Registro CIP N° 94321



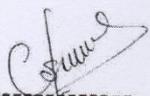
CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Carlos Ismael Suarez More con DNI N° 43646291 N°
CIP : 176636, de profesión Ingeniero Industrial
desempeñándome actualmente como Jefe SSOMA
en M&F BUILDING SAC

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

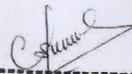
- ✓ Hoja de control fisico-químicos efectuados en las briquetas de carbón ecológico
- ✓ Hoja de control de tiempo de rendimiento de las briquetas de carbón ecológico
- ✓ Hoja de costos de producción

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.



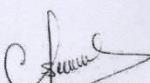
CARLOS ISMAEL SUAREZ MORE
INGENIERO INDUSTRIAL
Reg. CIP N° 176636

Hoja de control fisico-químicos efectuados en las briquetas de carbón ecológico.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					✓
2. Objetividad					✓
3. Actualidad					✓
4. Organización					✓
5. Suficiencia					✓
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia					✓
9. Metodología					✓



 CARLOS ISMAEL SUÁREZ MORE
 INGENIERO INDUSTRIAL
 Reg. CIP N° 179536

Hoja de control de tiempo de rendimiento de las briquetas de carbón ecológico	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					✓
2. Objetividad					✓
3. Actualidad					✓
4. Organización					✓
5. Suficiencia					✓
6. Intencionalidad				✓	
7. Consistencia				✓	
8. Coherencia					✓
9. Metodología					✓



 CARLOS ISMAEL SUÁREZ MORE
 INGENIERO INDUSTRIAL
 Reg. CIP N° 179536

Hoja de costos de producción	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					✓
2. Objetividad					✓
3. Actualidad				✓	
4. Organización					✓
5. Suficiencia					✓
6. Intencionalidad					✓
7. Consistencia					✓
8. Coherencia					✓
9. Metodología					✓

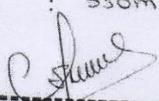
En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 30 días del mes de Junio del Dos mil Diecisiete.

NOMBRE : CARLOS ISMAEL SUAREZ MORE

DNI : 436 462 91

Especialidad : INGENIERO INDUSTRIAL

E-mail : ssoma.mf@gmail.com



 CARLOS ISMAEL SUAREZ MORE
 INGENIERO INDUSTRIAL
 Reg. CIP N° 176636

Anexo N°08: Método de Ingeniería

En el presente trabajo se realizó con una estructura de diseño en bloques completamente aleatorios para los tratamientos, la cual es parte de la metodología del “DISEÑO DE EXPERIMENTOS”; cabe resaltar este es el método general del trabajo, los métodos empleados para cada objetivo son descritos as adelante. (METODOS ESTADISDTICOS PARA LA INVESTIGACIÓN, CALZADA BENZA).

5.1. DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Consiste en realizar una serie de pruebas en las que se inducen cambios deliberados a las variables de un proceso para poder identificar las causas de los cambios en la respuesta de salida elegida (MONTGOMERY, 2005)

Las etapas a seguir en el desarrollo de un problema de diseño de experimentos son las siguientes:

- Definir los objetivos del experimento. Identificar todas las posibles fuentes de variación, incluyendo:
 - Factores tratamiento y sus niveles **(se propuso la creación y distribución en bloques a los tratamientos de las distintas dosis)**
 - Unidades experimentales, **(se halló la unidad experimental que fue los tratamientos del néctar)**
 - Factores nuisance (molestos): factores bloque, factores ruido y covariables. **(se fijó tres niveles de bloques).**
- Elegir una regla de asignación de las unidades experimentales a las condiciones de estudio (tratamientos). — Especificar las medidas con que se trabajará (la respuesta), el procedimiento experimental y anticiparse a las posibles dificultades.
 - Ejecutar un experimento piloto.
 - Especificar el modelo. **(Se escogió un modelo de bloques: Respuesta = Constante + Efecto Bloque + Efecto Tratamiento + Error)**
 - Esquematizar los pasos del análisis. **(Se determinó la Metodología para cada análisis de describen a continuación.)**

Anexo N°09: Diagrama de actividades del proceso (DAP) para la elaboración de briquetas de carbón ecológico a base de tusa de maíz.

Proceso		Elaboración de briquetas de carbón ecológico a base de tusa de maíz.					
Tiempo total		42 horas y 30 minutos					
Resumen		Operación ○	Inspección □	Transporte ⇒	Almacenamiento ▽	Demora D	Operación e inspección ⊗
Cantidad total	16	5	1	2	2	1	5

N°	Actividades	○	□	⇒	▽	D	⊗	Tiempo	Observaciones
1	Recepción de la materia prima				○			4 min	
2	Pesado de la materia prima						○	1 min	
3	Seleccionar el porcentaje de materia prima						○	3 min	
4	Carbonizar la materia prima	○						18 hrs	Usar guantes para evitar quemaduras
5	Moler lo carbonizado	○						6 min	Usar tapabocas
6	Tamizar lo molido de la materia prima	○						3 min	
7	Despachar lo tamizado en un recipiente junto con el aglutinante y agua						○	1 min	
8	Mover la mezcla	○						1 min	Usar guantes quirurgicos
9	Dejar reposar la mezcla					○		24 hrs	
10	Despachar la mezcla al molde.						○	2 min	
11	Aplicar presión a la mezcla	○						1 min	
12	Retirar la briqueta del molde.						○	1 min	
13	Llevar a secar la briqueta			○				1 min	
14	Verificar si las briquetas están en buen estado		○					1 min	
15	Llevar las briquetas al almacén			○				2 min	
16	Almacenar				○			3 min	

Elaboración propia

Anexo N°10: Ficha de laboratorio del Departamento Académico de suelo de la Universidad Nacional de Piura



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE AGRONOMIA
Departamento Académico de Suelos

ANÁLISIS DE CARACTERIZACION DE BRIQUETAS DE CARBON ECOLOGICO

SOLICITANTE: CARLOS ALBERTO BERMEO VALENCIA Procedencia: PIURA.
FECHA: 20 DE SETIEMBRE DE 2018.

N°.	FECHA	SOLICITANTE	Bloques	FECHA	Determinacion de ceniza (%)	Determinacion de humedad (%)
1	29/09/2018	Muestra 1	B1	T2	4.61	0.48
2	29/09/2018	Muestra 2	B1	T0	3.30	0.66
3	01/09/2018	Muestra 3	B1	T1	7.15	1.10
4	01/09/2018	Muestra 4	B1	T3	7.14	0.80
5	02/09/2018	Muestra 5	B2	T0	3.00	0.53
6	02/09/2018	Muestra 6	B2	T2	4.90	0.98
7	03/09/2018	Muestra 7	B2	T3	4.58	1.06
8	03/09/2018	Muestra 8	B2	T1	3.60	0.71
9	04/09/2018	Muestra 9	B3	T3	5.73	0.93
10	04/09/2018	Muestra 10	B3	T0	3.20	0.87
11	04/09/2018	Muestra 11	B3	T1	4.90	1.58
12	04/09/2018	Muestra 12	B3	T2	4.16	0.68

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE AGRONOMIA
DPTO. ACADÉMICO DE SUELOS
Ing. José Benítez Argüelles
DIRECTOR

Anexo N°11: Hoja de Control Físico-Químicos efectuados en las Briquetas de Carbón Ecológico

HOJA DE CONTROL DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LAS BRIQUETAS DE CARBÓN ECOLÓGICO

FECHA	BLOQUES	TRATAMIENTOS	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICAS					
			DETERMINACIÓN DE CENIZA (%)	DETERMINACIÓN DE HUMEDAD (%)	TEMPERATURA (°C)	DENSIDAD (gr/ cm ³)	COLOR	TAMAÑO-VOLUMEN (cm ³)
29/09/2018	B1	T2	4.61	0.48	90	0.7048	2	659.736
29/09/2018	B1	T0	3.3	0.66	128	0.3378	3	1125
1/10/2018	B1	T1	7.15	1.1	70	0.9822	4	549.78
1/10/2018	B1	T3	7.14	0.8	99	0.9425	2	604.758
2/10/2018	B2	T0	3	0.53	135	0.3775	3	1020
2/10/2018	B2	T2	4.9	0.98	82	0.6442	3	659-7360
3/10/2018	B2	T3	4.58	1.06	110	0.7937	3	604.758
3/10/2018	B2	T1	3.6	0.71	63	0.7276	4	549.78
4/10/2018	B3	T3	5.73	0.93	102	0.7772	2	604.758
4/10/2018	B3	T0	3.2	0.87	120	0.3179	2	1053.64
4/10/2018	B3	T1	4.9	1.58	69	0.9095	4	549.78
4/10/2018	B3	T2	4.16	0.68	89	0.7276	3	659.736

Elaboración propia.

Anexo N°12: Hoja de Control de Tiempo de Rendimiento de las Briquetas de Carbón Ecológico

HOJA DE CONTROL DE TIEMPO DE RENDIMIENTO

FECHA	BLOQUE	TRATAMIENTO	TIEMPO DE RENDIMINETO	
			TIEMPO EN ENCENDER (MINUTOS/HORAS)	TIEMPO EN APAGARSE (MINUTOS/HORAS)
29/09/2018	B1	T2	11 min	1 h y 35 min
29/09/2018		T0	15 min	1 h
01/10/2018		T1	14 min	1 h y media
01/10/2018		T3	8 min	2 h y 15 min
02/10/2018	B2	T0	15 min	1 h
02/10/2018		T2	9 min	1 h y 55 min
03/10/2018		T3	9 min	2 h
03/10/2018		T1	12 min	1 h y 5 min
04/10/2018	B3	T3	8 min	2 h y 5 min
04/10/2018		T0	14 min	1 h y media
04/10/2018		T1	15 min	1 h y 25 min
04/10/2018		T2	12min	1 h y media

Elaboración propia

Anexo N°13: Hoja de Costos de Producción

HOJA DE COSTOS

Producto: **Briquetas de carbón ecológico a base** Fecha de inicio: **06/08/2018**

de tusa de maíz.

Costo total: **S/.76.35**

Fecha de término: **05/10/2018**

Costo por 1kg: **S/.17.6**

Cantidad: **4.330 kg**

Fecha	Cantidad	Descripción	Costo	Unidad (S/.)
06/08/2018	12 kg	Tusa de maíz	0.80	Nuevo sol
06/08/2018	500 ml	Aceite de coco	30.00	Nuevo sol
06/08/2018	50 cm	Malla rashell	0.20	Nuevo sol
06/08/2018	--	Transporte por la compra de la materia prima e insumos	0.50	Nuevo sol
06/08/2018	-	Mano de obra directa por esparcir(15min)	1.25	Nuevo sol
07/08/2018	-	Transporte para secado	0.20	Nuevo sol
07/08/2018	2(días)	Alquiler de Horno	20.00	Nuevo sol
09/08/2018	-	Transporte para molienda	0.50	Nuevo sol
09/08/2018	-	Molienda	0.20	Nuevo sol
10/08/2018	-	Mano de obra directa por tamizado y pesado (1h)	5.00	Nuevo sol
20/08/2018	1	Equipos (tina, jarra y molde)	0.20	Nuevo sol
20/08/2018	-	Mano de obra de mezclado y pesado (30min)	2.50	Nuevo sol
22/08/2018	-	Mano de obra de extracción y secado de la briqueta (3 h)	15.00	Nuevo sol

RESUMEN

Costo Fijo= Materiales y equipos + Mano de obra indirecta

Costo Variable= Materia prima e insumos + Mano de obra directa

Costo Total=

CF + CV

Elaboración propia.

Anexo N°14: Tablas de recolección de datos

Tabla 4:El peso de los tratamientos (gr)

BLOQUES	T0	T1	T2	T3
I	380	540	465	570
II	385	400	425	480
III	335	500	480	470

Elaboración propia

Tabla 5:Análisis Físico-Químicos. Tamaño (volumen en cm³)

BLOQUES	T0	T1	T2	T3
I	1125 cm ³	549.7800 cm ³	659.7360 cm ³	604.7580 cm ³
II	1020 cm ³	549.7800 cm ³	659.7360 cm ³	604.7580 cm ³
III	1053.6400 cm ³	549.7800 cm ³	659.7360 cm ³	604.7580 cm ³

Elaboración propia

Tabla 6:Dimensiones de los tratamientos de Briquetas a base de tusa de maíz

BLOQUES	T0	T1	T2	T3
I	-Largo: 30cm -Ancho: 7.5 cm -Alto: 5 cm	- Altura: 5cm - Diámetro Externo: 12 cm - Diámetro Interno: 2 cm	- Altura: 6cm - Diámetro Externo: 12 cm - Diámetro Interno: 2 cm	- Altura: 5.5 cm - Diámetro Externo: 12 cm - Diámetro Interno: 2 cm
II	-Largo: 25cm -Ancho: 6.8 cm -Alto: 6 cm	- Altura: 5cm (60mm) - Diámetro Externo: 12 cm - Diámetro Interno: 2 cm	- Altura: 6cm - Diámetro Externo: 10 cm - Diámetro Interno: 2 cm	- Altura: 5.5 cm - Diámetro Externo: 12 cm - Diámetro Interno: 2 cm
III	-Largo: 28 cm -Ancho: 7.1 cm -Alto: 5.3 cm	- Altura: 5cm - Diámetro Externo: 12 cm - Diámetro Interno: 2 cm	- Altura: 6cm - Diámetro Externo: 12 cm - Diámetro Interno: 2 cm	- Altura: 5.5cm - Diámetro Externo: 12 cm - Diámetro Interno: 2 cm

Elaboración propia

Tabla 7: Determinación De Factores Organolépticas De Calidad En El Color De Las Briquetas De Carbón Ecológico A Base De Tusa De Maíz

Nombre	MUESTRAS											
	B1T2	B1T0	B1T1	B1T3	B2T0	B2T2	B2T3	B2T1	B3T3	B3T0	B3T1	B3T2
Ariana	3	2	5	2	2	3	2	4	2	2	5	3
Jessica	2	2	4	2	2	3	1	4	2	2	3	1
Teresa	2	4	4	2	4	3	2	4	2	3	4	2
Ricardina	2	3	3	2	3	3	2	4	4	2	4	4
Edilberto	2	3	3	2	3	3	3	4	3	2	4	3
Jefferson	3	3	4	2	3	3	3	4	4	2	4	3
Roxana	2	3	4	3	3	3	3	4	3	2	4	3
Jaime	3	3	4	3	3	3	2	4	4	2	4	4
Lisbeth	3	5	4	3	5	3	3	4	2	5	3	4
Ismael	4	3	5	2	3	4	3	5	2	1	4	3

Elaboración propia

Leyenda:

5: Negro intenso 4: Negro oscuro 3: Negro 2: Gris oscuro 1: Gris

Anexo N°15: Análisis de Varianza y Pruebas Duncan

Cuadro 15: Análisis de Varianza de Porcentaje de Humedad (%) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz)

SUMA DE MEDIA							
FUENTE	cuadrados	GI	Cuadrática	F	F (5%)		Sig
BLOQUES		0.1422	2	0.0711	0.934	5.143	No
TRATAMIENTOS		0.3877	3	0.1293	1.697	4.757	No
ERROR		0.4569	6	0.0762			
TOTAL		0.9869	11				

CV: 31.90%

Cuadro 16: Duncan(1) al 5% de Porcentaje de Humedad

DUNCAN (1) al 5% de Porcentaje de Humedad			
Tratamientos	Media	Subconjunto	
		1	2
Tratamiento 0	0.687	a	
02 días	1.13	a	
03 días	0.713	a	
04 días	0.93	a	
(1) Promedios unidos con la misma letra no son significativos, caso contrario son significativos			

Fuente: Hoja de evaluación-Elaboración propia

Según el Cuadro 15 del análisis de varianza del porcentaje de humedad, se encontró que no existe diferencia significativa entre los tratamientos a diferentes tiempos de secado en la elaboración de briquetas de carbón ecológico y el testigo. Además, el coeficiente de variación fue del 31.90 %; valor que está dentro del rango permitido en experimentos de laboratorio.

Después de aplicar la prueba Duncan al 5% (VER CUADRO N°16), se encontró que todos los tratamientos a diferentes tiempos de secado en la elaboración de briquetas de carbón ecológico son iguales estadísticamente que la del testigo. (VER ANEXO N°13, FIG N°01)

Cuadro 17: Análisis de Varianza de Porcentaje de Cenizas (%) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tusa de Maíz)

SUMA DE MEDIA							
FUENTE	cuadrados	Gl	Cuadrática	F F (5%)		Sig	
BLOQUES		4.902	2	2.451	2.848	5.143	No
TRATAMIENTOS		11.655	3	3.885	4.515	4.757	No
ERROR		5.162	6	0.860			
TOTAL		21.719	11				

CV: 19.78%

Cuadro 18: Duncan(1) al 5% de Porcentaje de Cenizas

DUNCAN (1) al 5% de Porcentaje de Cenizas			
Tratamientos	Media	Subconjunto	
		1	2
Tratamiento 0	3.17	a	
02 días	5.22	a	
03 días	4.56	a	b
04 días	5.82		b
(1) Promedios unidos con la misma letra no son significativos, caso contrario son significativos			

Fuente: Hoja de evaluación-Elaboración propia

Según el cuadro N°17 del análisis de varianza del porcentaje de ceniza, se encontró que no existe diferencia significativa entre los tratamientos a diferentes tiempos de secado y el testigo. Además, el coeficiente de variación fue del 19.78 %; valor que está dentro del rango permitido en experimentos de laboratorio.

Después de aplicar la prueba Duncan al 5% (VER CUADRO N°18), se encontró que todos los tratamientos testigo y el del tiempo de 2,3 días es estadísticamente igual con 3.17, 5.22 y 4.56 % de ceniza de igual forma el tratamiento de 3 días es estadísticamente igual al de 4 días con 4.56 y 5.82 % de ceniza y a diferentes tiempos de secado en la elaboración de briquetas de carbón ecológico y la del testigo son estadísticamente. (VER ANEXO N°13, FIG N°02)

Cuadro 19: Análisis de Varianza de Porcentaje de Densidad (gr/cm³) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz)

SUMA DE MEDIA							
FUENTE	cuadrados	GI	Cuadrática	F	F (5%)	Sig	
BLOQUES		0.0226	2	0.011	1.99	5.14	No
TRATAMIENTOS		0.524	3	0.175	30.89	4.76	**
ERROR		0.034	6	0.006			
TOTAL		0.581	11				

CV:10.95%

Cuadro 20: Duncan(1) al 5% de densidad

DUNCAN (1) al 5% de Porcentaje de Densidad				
Tratamientos	Media	Subconjunto		
		1	2	3
Tratamiento 0	0.344			c
02 días	0.873	a		
03 días	0.692		b	
04 días	0.838	a	b	
(1) Promedios unidos con la misma letra no son significativos, caso contrario son significativos				

Fuente: Hoja de evaluación-Elaboración propia

Según el Cuadro N°19 del análisis de varianza del porcentaje de densidad, se encontró que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos a diferentes tiempos en la elaboración Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz) y el testigo. Además, el coeficiente de variación fue del 10.95 %; valor que está dentro del rango permitido en experimentos de laboratorio.

Después de aplicar la prueba Duncan al 5% (VER CUADRO N°20), se encontró que todos los tratamientos a diferentes temperaturas difieren del tratamiento testigo. (VER ANEXO N°13, FIG N°03)

Cuadro 21: Análisis de Varianza de la Temperatura (°C) (con una distancia a 20cm) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz)

SUMA DE MEDIA							
FUENTE	cuadrados	Gl	Cuadrática	F	F (5%)	Sig	
BLOQUES		13.17	2	6.58	0.17	5.14	No
TRATAMIENTOS		5890.91	3	1963.64	51.04	4.76	**
ERROR		230.83	6	38.47			
TOTAL		6134.92	11				

CV: 6.43%

Cuadro 22: Duncan (1) al 5% de Porcentaje de Temperatura

DUNCAN (1) al 5% de Porcentaje de Temperatura					
Tratamientos	Media	Subconjunto			
		1	2	3	4
Tratamiento 0	127.67	a			
02 días	67.33				d
03 días	87			c	
04 días	103.67		b		
(1) Promedios unidos con la misma letra no son significativos, caso contrario son significativos					

Fuente: Hoja de evaluación-Elaboración propia

Según el Cuadro N°21 del Análisis de Varianza del Porcentaje de temperatura, se encontró que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos a diferentes tiempos de secado en la elaboración de briquetas de carbón ecológico y el testigo. Además, el coeficiente de variación fue del 6.43 %; valor que está dentro del rango permitido en experimentos de laboratorio.

Después de aplicar la prueba Duncan al 5% (VER CUADRO N°22), se encontró que todos los tratamientos a diferentes tiempos son diferentes estadísticamente entre sí y en relación al testigo. (VER ANEXO N°13, FIG N°04)

Cuadro 23:Análisis de Varianza de Tamaño (Volumen) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz)

SUMA DE MEDIA						
FUENTE	cuadrados	Gl	Cuadrática	F	F (5%)	Sig
BLOQUES	1437.41	2	718.704	1	5.14	No
TRATAMIENTOS	497252.78	3	165750.929	230.625	4.76	**
ERROR	4312.23	6	718.704			
TOTAL	503002.42	11				

CV:3.72%

Cuadro 24:Duncan (1) al 5% de Tamaño (Volumen)

DUNCAN (1) al 5% de Porcentaje de Tamaño					
Tratamientos	Media	Subconjunto			
		1	2	3	4
Tratamiento 0	1066.213	a			
02 días	549.78				d
03 días	659.736		b		
04 días	604.758			c	
(1) Promedios unidos con la misma letra no son significativos, caso contrario son significativos					

Fuente: Hoja de evaluación-Elaboración propia

Según el Cuadro N°23 el Análisis de Varianza para determinación del tamaño(cm³) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz), se encontró que existe diferencia significativa entre los tratamientos a diferentes tiempos y el testigo. Además, el coeficiente de variación fue del 3.72 %; valor que está dentro del rango permitido en experimentos de laboratorio.

Después de aplicar la prueba Duncan al 5% (VER CUADRO N°24), se encontró que todos los tratamientos a diferentes tiempos son distintos entre sí y con el testigo. (VER ANEXO N°13, FIG N°05)

Cuadro 25: Análisis de Varianza de Porcentaje del factor Color en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz)

SUMA DE MEDIA							
FUENTE	cuadrados	GI	Cuadrática	F	F (5%)	Sig	
BLOQUES		0.67	2	0.33	1.5	5.143	No
TRATAMIENTOS		4.92	3	1.64	7.375	4.756	*
ERROR		1.33	6	0.22			
TOTAL		6.92	11				

CV:16.16%

Cuadro 26: Duncan (1) al 5% de Porcentaje de Factor Color

DUNCAN (1) al 5% de Porcentaje de Color			
Tratamientos	Media	Subconjunto	
		1	2
Tratamiento 0	2.67		b
02 Días	4	a	
03 días	2.67		b
04 Días	2.33		b
(1)Promedios unidos con la misma letra no son significativos, caso contrario son significativos			

Fuente: Hoja de evaluación-Elaboración propia

Según el Cuadro N°25 del análisis de varianza de la determinación factor Color en %, se encontró que existe diferencia significativa entre la calidad del factor Color promedio en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz) del y el testigo. Además, el coeficiente de variación fue del 16.16%; valor que se encuentra dentro del rango permitido en experimentos de laboratorio.

Después de aplicar la prueba Duncan al 5% (VER CUADRO N°26), se encontró que el tratamiento de 3 y 4 días es similar al testigo. (VER ANEXO N°13, FIG N°06)

Cuadro 27: Análisis de Varianza de TIEMPO EN ENCENDIDO (MINUTOS/HORAS) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz)

SUMA DE MEDIA							
FUENTE	cuadrados	Gl	Cuadrática	F	F (5%)	Sig	
BLOQUES		2.17	2	1.08	0.765	5.143	No
TRATAMIENTOS		75	3	25	17.64	4.756	**
ERROR		8.5	6	1.42			
TOTAL		85.67	11				

CV:10.06%

Cuadro 28: Duncan (1) al 5% de Porcentaje de Tiempo en Encender

DUNCAN (1) al 5% de Porcentaje de Tiempo en Encender			
Tratamientos	Media	Subconjunto	
		1	2
Tratamiento 0	14.67	a	
02 Días	13.67	a	
03 días	10.67		B
04 Días	8.33		b
(1)Promedios unidos con la misma letra no son significativos, caso contrario son significativos			

Fuente: Hoja de evaluación-Elaboración propia

Según el Cuadro N°27 del análisis de varianza para la determinación del tiempo de encendido (MINUTOS/HORAS) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz), se encontró que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos a y el testigo. Además, el coeficiente de variación fue del 10.06 %; valor que está dentro del rango permitido en experimentos de laboratorio.

Después de aplicar la prueba Duncan al 5% (VER CUADRO N°28), se encontró que el tratamiento testigo es similar al de 2días y el de 3días es similar al de 4días. (VER ANEXO N°13, FIG N°07)

Cuadro 29:Análisis de Varianza de TIEMPO EN APAGARSE (MINUTOS/HORAS) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz)

SUMA DE MEDIA							
FUENTE	cuadrados	Gl	Cuadrática	F	F (5%)	Sig	
BLOQUES		0.062	2	0.031	0.771	5.143	No
TRATAMIENTOS		1.463	3	0.488	12.188	4.756	**
ERROR		0.24	6	0.04			
TOTAL		1.764	11				

CV:13.41%

Cuadro 30:Duncan (1) al 5% de Porcentaje de Tiempo Apagarse

DUNCAN (1) al 5% de Porcentaje de Tiempo en Apagarse			
Tratamientos	Media	Subconjunto	
		1	2
Tratamiento 0	1.167		b
02 Días	1.267		b
03 días	1.467		b
04 Días	2.067	a	
(1)Promedios unidos con la misma letra no son significativos, caso contrario son significativos			

Fuente: Hoja de evaluación-Elaboración propia

Según el Cuadro N°29 del análisis de varianza para la determinación del tiempo de apagado (MINUTOS/HORAS) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz), se encontró que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos y el testigo. Además, el coeficiente de variación fue del 13.41 %; valor que está dentro del rango permitido en experimentos de laboratorio.

Después de aplicar la prueba Duncan al 5% (VER CUADRO N°30), se encontró que el tratamiento testigo es similar al de 2 días y el de 3 días es similar al de 4 días. (VER ANEXO N°13, FIG N°08)

Anexo N°16: Gráficos estadísticos

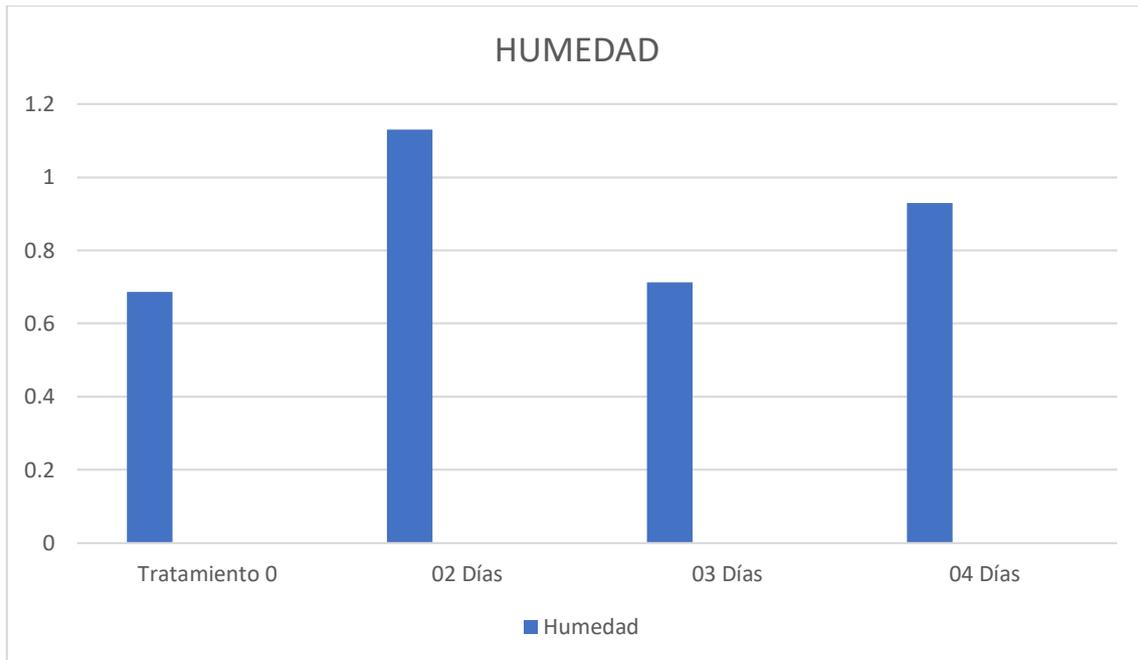


Figura N° 1: Prueba de Duncan para la determinación de Humedad (%) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tusa de Maíz)

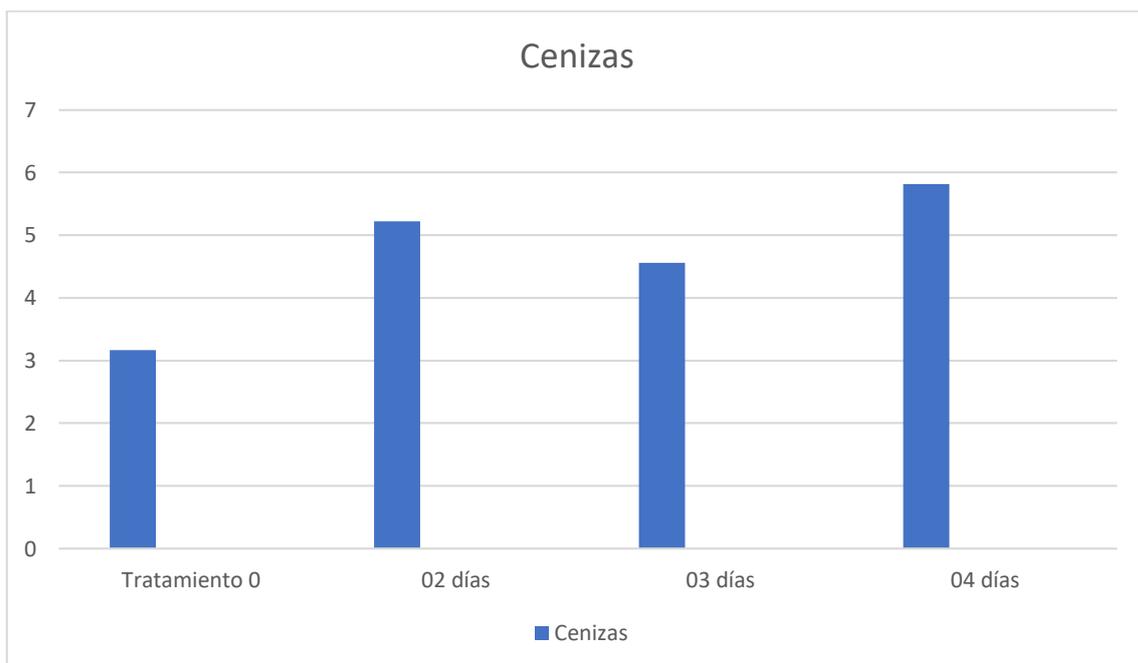


Figura N° 2: Prueba de Duncan para la determinación de Cenizas (%) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tusa de Maíz)

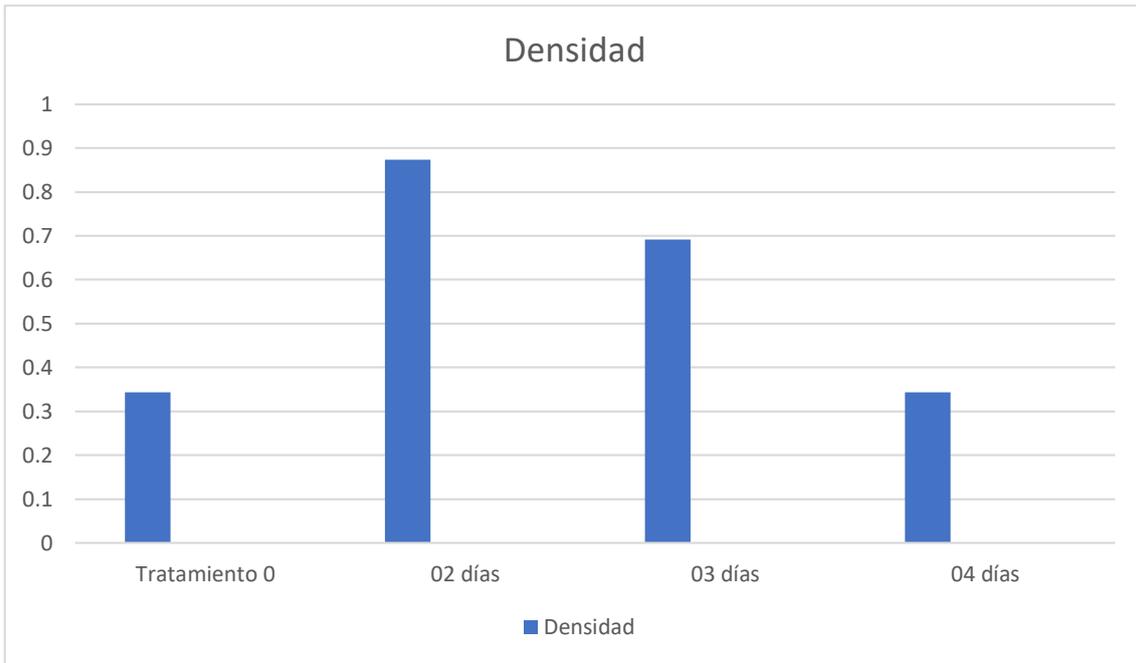


Figura N° 3: Prueba de Duncan para la determinación de Densidad en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz)

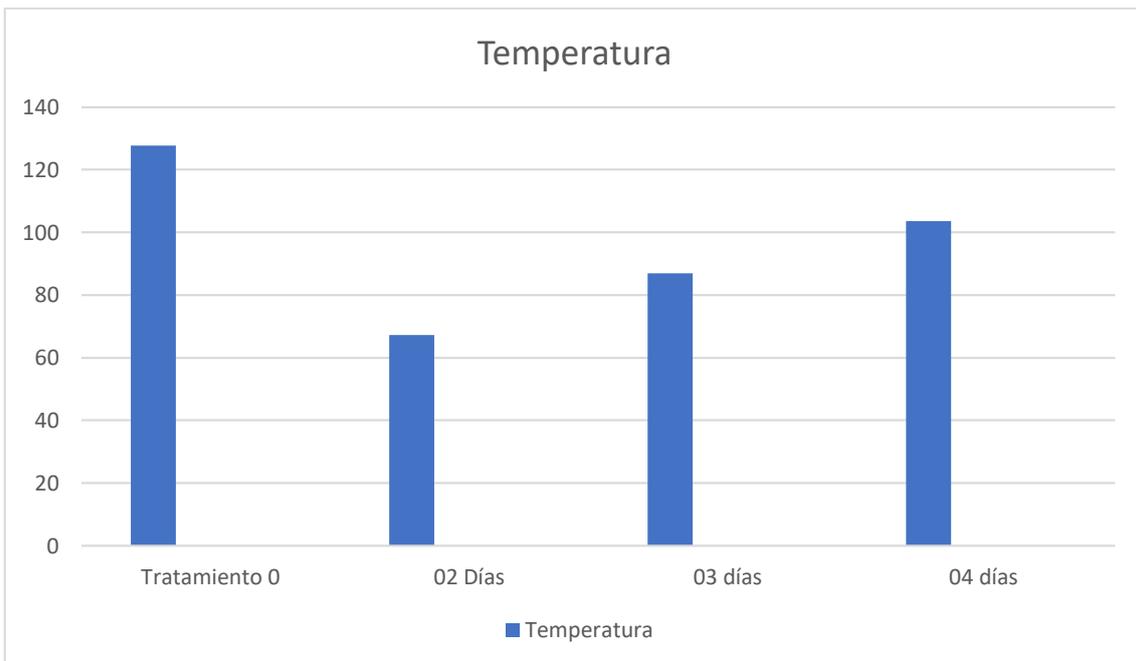


Figura N° 4: Prueba de Duncan para la determinación de Temperatura(°C) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz)

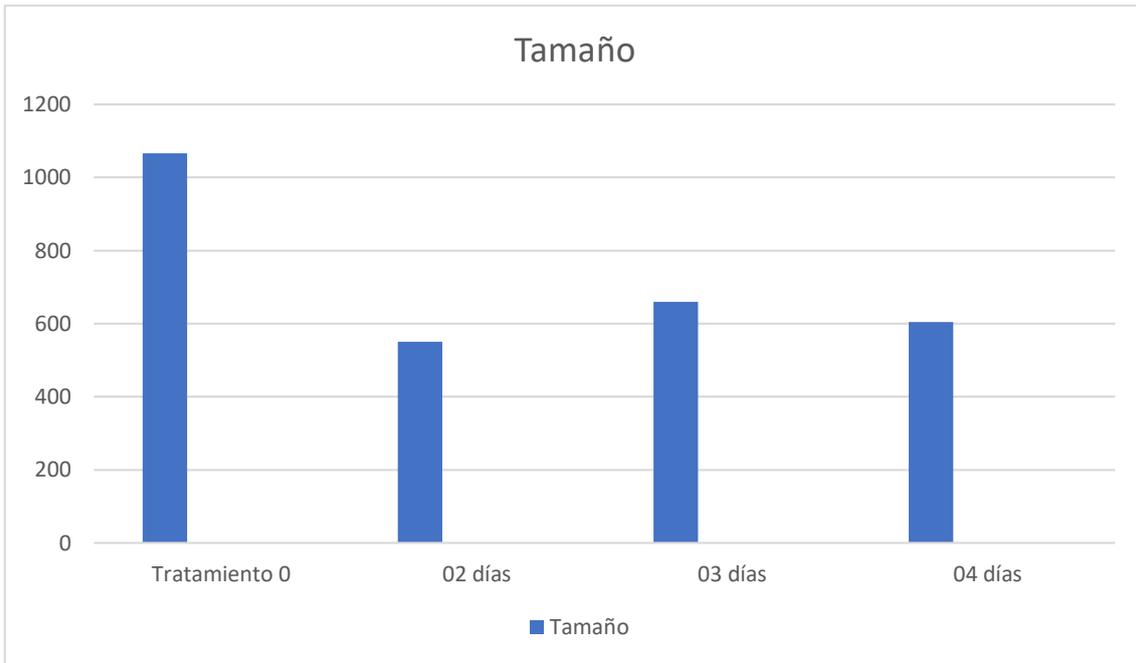


Figura N° 5: Prueba de Duncan para la determinación del tamaño (cm³) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz)

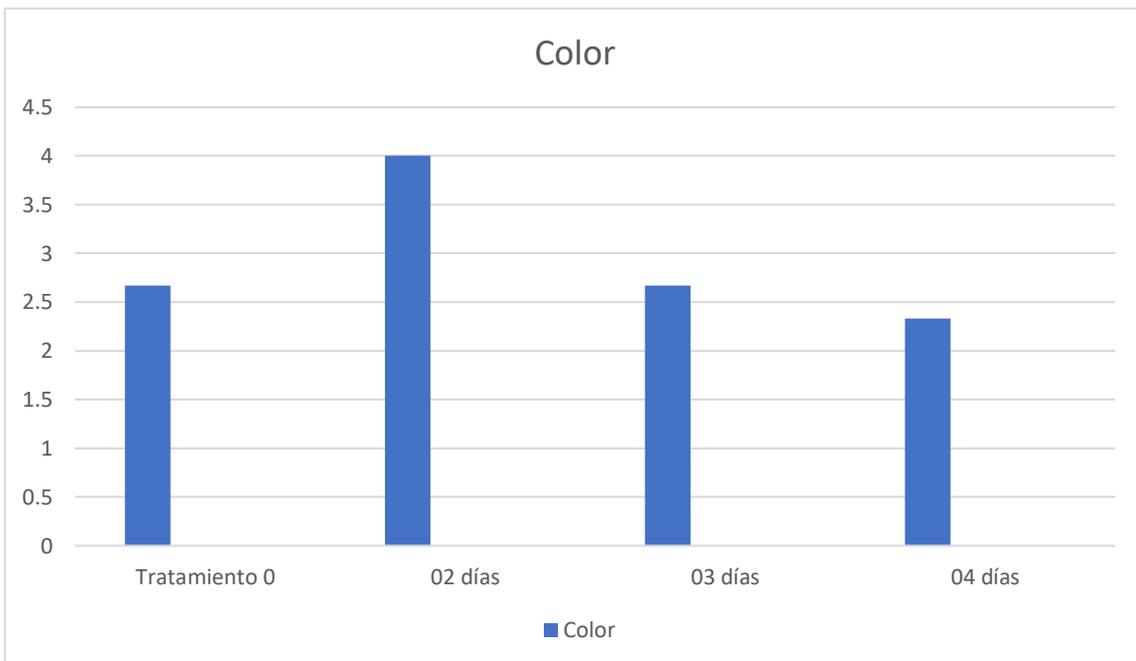


Figura N° 6: Prueba de Duncan para la determinación del factor color en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz)

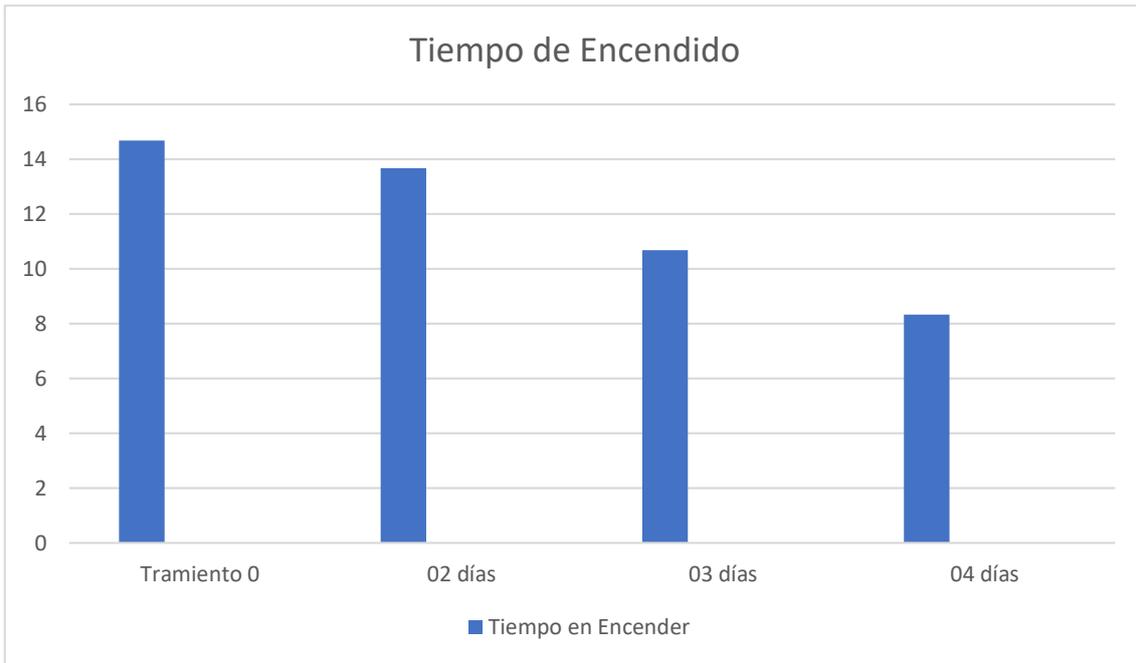


Figura N° 7: Prueba de Duncan para la determinación del tiempo de encendido (MINUTOS/HORAS) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz)

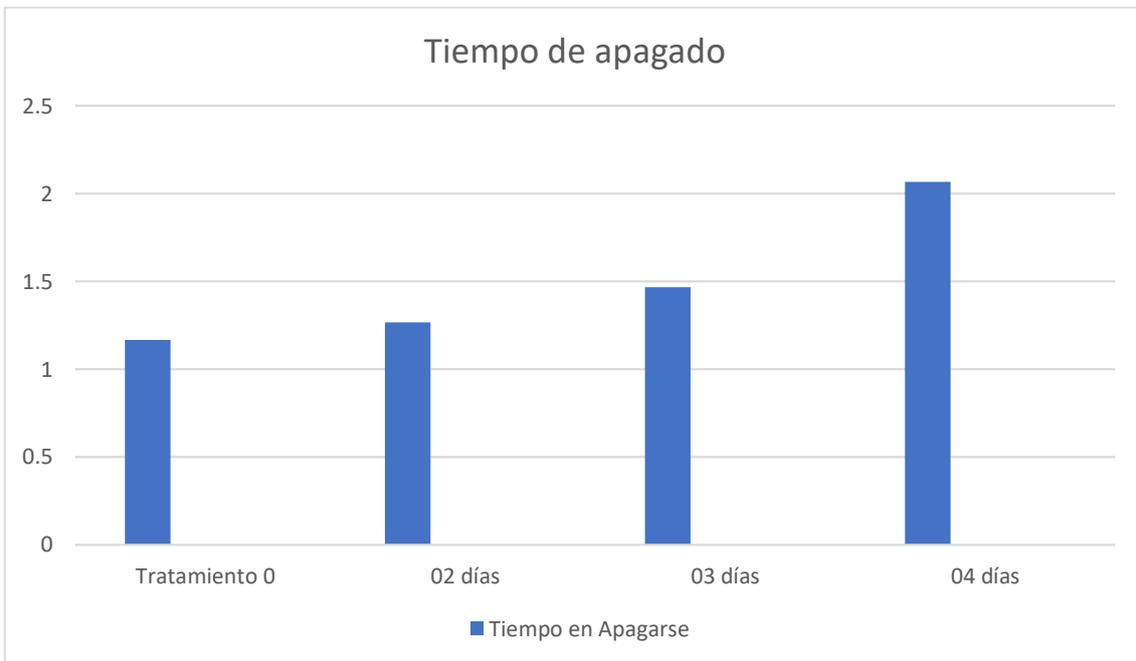


Figura N° 8: Prueba de Duncan para la determinación del tiempo de apagado (MINUTOS/HORAS) en Briquetas de Carbón Ecológico (Tuza de Maíz)

Anexo N°17: Evidencia fotográfica

Materiales y equipos



Figura N° 9: Balanza digital



Figura N° 10: Molino



Figura N° 11: Horno de pan



Figura N° 12: Aceite de coco

Proceso de elaboración de las briquetas



Figura N° 13: Pesado de materia prima



Figura N° 14: Materia prima en el horno



Figura N° 15: Materia prima carbonizada



Figura N° 16: Molienda



Figura N° 17: Tamizado



Figura N° 18:Pesado después del tamizado



Figura N° 19:Vaciado de la tusa molida



Figura N° 20:Vaceado del aglutinante



Figura N° 21: Vaciado del agua



Figura N° 22: Mezcla



Figura N° 23: Porción de medida



Figura N° 24: Vaciado en el molde



Figura N° 25: Extrusión



Figura N° 26: Secado al ambiente

LABORATORIO



Figura N° 27: Calcinar la muestra



Figura N° 28: Temporizar la mufla



Figura N° 29: Ceniza



Figura N° 30: Peso de la ceniza



Figura N° 31: Muestras



Figura N° 32: Peso sin humedad

Anexo N°18: Normas Técnicas

CEN/TC 281

Fecha: 2003 - 10

PrEN 1860-2005

CEN/TC 281

De secretaria: AENOR

Septiembre 2005

TÍTULO:

Aparatos, combustibles sólidos y sustancias de encendido para el asado en barbacoa.

Parte 2: Carbón vegetal y briquetas de carbón vegetal para barbacoas. Requisitos y métodos de ensayos

CORRESPONDENCIA:

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 1860-2 de febrero de 2005.

ANTECEDENTES:

Esta Norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 164 Biocombustibles Sólidos cuya secretaria desempeña CONFEMADERA.

Contenido

Prefacio.....	3
Introducción.....	4
1. Alcance	5
2.Referencias normativas	5
3.Términos y definiciones	5
4.Requisitos	7
4.1 General	7
4.2 Requisitos para el carbón de barbacoa	7
4.3 Requisitos para las briquetas de carbón para barbacoa	8
4.4 Adiciones inadmisibles	9
5. Muestreo	9
5.1 Muestreo para granulometría	9
5.2 Muestreo para análisis de cenizas, humedad, análisis volátiles y microscópicos	9
6. Métodos de prueba	10
6.1 Humedad	10
6.2 Volátiles	12
6.3 Ceniza	17
6.4 Carbono fijo	20
6.5 Prueba de adiciones inadmisibles	20
6.6 Granulometría	21
6.7 Determinación del contenido de impregnación	21
6.8 Informe de prueba	21
7. Marcado	22
7.1 Comunicación al consumidor sobre bolsas de carbón	22
7.2 Comunicación del consumidor sobre bolsas de carbón impregnadas	22
Anexo A (normativo) Determinación del volumen de carbón vegetal	24
A.1 General	24
A.2 Principio	24
A.3 Electrodomésticos	24
A.4 Muestreo	24
A.5 Método de operación	24
A.6 Certificado de conformidad	25
A.7 Certificado de inspección	25
Anexo B (normativo) Determinación del contenido de humedad para el carbón impregnado y para briquetas de carbón impregnadas	26
B.1 General	26
B.2 Principio	26
B.3 Reactivos	26
B.4 Aparato	27
B.5 Preparación de la muestra	28
B.6 Procedimiento	28

B.7 Expresión de resultados	29
B.8 Precisión del método	30
B.9 Informe de prueba	30
Bibliografía	31

Prefacio

Este documento (EN 1860-2: 2005) ha sido preparado por el CEN / TC 281, "Electrodomésticos, combustibles sólidos y encendedores para la barbacoa ", cuya secretaría está a cargo de AENOR.

Esta norma europea tendrá el estatus de una norma nacional, ya sea mediante la publicación de un texto idéntico o por el endoso, a más tardar hacia agosto de 2005, y el conflicto de normas nacionales será retirado a más tardar hacia agosto de 2005.

Este documento sobre Aplicaciones, combustibles sólidos y encendedores para barbacoa consta de las siguientes partes:

Parte 1: Barbacoas que queman combustibles sólidos - Requisitos y métodos de ensayo.

Parte 2: Barbacoa de carbón y barbacoa carbón briquetas - Requisitos y métodos de prueba.

Parte 3: Encendedores para encender combustibles sólidos para uso en aparatos de barbacoa - Requisitos y métodos de ensayo.

Parte 4: Barbacoas de uso único que queman combustibles sólidos - Requisitos y métodos de ensayo.

De acuerdo con el Reglamento Interno del CEN / CENELEC, los organismos nacionales de normalización los países están obligados a aplicar esta norma europea: Austria, Bélgica, Chipre, República Checa, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Islandia, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Países Bajos, Noruega, Polonia, Portugal, Eslovaquia, Eslovenia, España, Suecia, Suiza y Reino Unido.

Introducción

Este documento es parte 2 de los documentos para electrodomésticos, combustibles sólidos y encendedores para barbacoa, que es destinados a reducir los riesgos que pueden presentarse durante y por medio de la cocción en barbacoa con combustibles sólidos.

1. Alcance

Esta parte de este documento especifica los requisitos y métodos de prueba para las briquetas de carbón y carbón para uso en aparatos de barbacoa.

2. Referencias normativas

Los siguientes documentos de referencia son indispensables para la aplicación de este documento. Por fecha referencias, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha, la última edición del documento (incluyendo cualquier modificación).

EN 1860-3: 2003, Aparatos, combustibles sólidos y encendedores para barbacoa
- Parte 3: Encendedores para encender sólidos combustibles para uso en barbacoas
- Requisitos y métodos de ensayo

ISO 562, Carbón y coque - Determinación de materias volátiles

ISO 579, Coque - Determinación de la humedad total

ISO 975, Carbones marrones y lignitos - Determinación del rendimiento de extracto soluble en benceno – Semiautomático método

ISO 1171, Combustibles minerales sólidos - Determinación de cenizas

ISO 1953, Carbón - Análisis de tamaño por tamizado

ISO 1988, Hulla – Muestreo

ISO 5069-2: 1983, Carbones marrones y lignitos - Principios de muestreo - Parte 2: Preparación de muestras para determinación del contenido de humedad y análisis general.

ISO 7404-2, Métodos para el análisis petrográfico de carbón bituminoso y antracita - Parte 2: Preparación de muestras de carbón

ISO 7404-3, Métodos para el análisis petrográfico de carbón bituminoso y antracita - Parte 3: Método de determinación de la composición del grupo maceral.

3. Términos y definiciones

A los efectos de este documento, se aplican los siguientes términos y definiciones:

3.1. Carbón de leña

Resto sólido de carbonización de madera u otra materia vegetal que no escupen / chispean anormalmente cuando y no ha sido tratada artificialmente químicamente ni artificialmente preparada químicamente por constituyente es carbono y el contenido de cenizas es mínimo.

3.2.Barbacoa de carbón

Barbacoa briquetas de carbón se producen mediante la compresión de carbón barbacoa partículas junto con una carpeta adecuada.

3.3.Carbón de leña impregnado y barbacoa de carbón vegetal impregnado

Barbacoa de carbón y barbacoa carbón briquetas preparadas para la iluminación mediante la adición de un agente de iluminación.

3.4.Carbono fijo

Carbón restante después de la eliminación de materia volátil de carbono y cenizas de carbón seco.

3.5.Materia volátil

Determinada como la pérdida en masa menor que debido a la humedad, cuando el carbón o briquetas de carbón se calienta hacia fuera de contacto con el aire en condiciones estandarizadas.

3.6.Ceniza

Residuos de carbón o carbón se incineran en el aire

3.7.Humedad total

3.7.1. Humedad total de carbón de leña barbacoa y carbón de leña briquetas

Agua contenida en el carbón de barbacoa y las briquetas de carbón de barbacoa que es expulsado a 105 ° C.

3.7.2. Humedad total del carbón impregnado de la barbacoa y de las briquetas impregnadas del carbón de leña de la barbacoa

Agua contenida en el carbón de barbacoa impregnado y las briquetas de carbón de barbacoa impregnadas que se elimina por destilación con tolueno.

3.8.Granulación

Porcentaje en peso de carbón vegetal que ha sido sometido a tamizado entre dos tamaños específicos.

3.9. Aglutinante

Producto que cuando se añade a gránulos de carbón vegetal mantiene las partículas juntas en un sólido permanente.

3.10. Sustentos químicos

Productos químicos como nitratos y nitritos añadidos como agentes oxidantes para sostener la combustión.

3.11. Repetibilidad

Resultados de determinaciones duplicadas, realizadas en diferentes momentos en el mismo laboratorio por el mismo operador utilizando el mismo aparato en muestras duplicadas tomadas de la misma muestra bruta en la última etapa de la muestra preparación, no debe diferir por más de los valores indicados en 6.1.6, 6.2.6 y 6.3.6

3.12. Reproducibilidad

Los resultados de las determinaciones por duplicado, realizadas en cada uno de los dos laboratorios partes representativas tomadas de la misma muestra bruta en la fase final de preparación de la muestra, no difieren en más de los valores indicados en 6.1.6, 6.2.6 y 6.3.6

4. Requisitos

4.1. General

El carbón de barbacoa impregnado y las briquetas de carbón de leña impregnadas deberán cumplir las barbacoas de carbón y barbacoa carbón briquetas junto con los requisitos de EN 1860-3.

4.2. Requisitos para el carbón de barbacoa

4.2.1. Carbono fijo

El carbono fijo en el carbón seco deberá ser como mínimo del 75% en masa, calculado con arreglo al punto 6.4.

4.2.2. Cenizas

El contenido de cenizas en el carbón seco no deberá superar el 8%, cuando se pruebe de conformidad con el punto 6.3.

4.2.3. Humedad total

El contenido total de humedad no deberá superar el 8%, cuando se pruebe de acuerdo con 6.1.

4.2.4. Granulación

El tamaño de partícula para el carbón para barbacoa será de 0 mm a 150 mm:

- No más del 10% puede exceder de 80 mm de tamaño.
- Al menos el 80% deberá ser superior a 20 mm.
- 0 mm - 10 mm no deberá exceder el 7%. prueba de acuerdo con 6.6.

4.2.5. Volátiles

Los volátiles se deben llevar a cabo para permitir la determinación de carbono fijo, pero no se establecen límites como máximo o mínimo.

4.2.6. Densidad aparente

La densidad aparente debe ser de al menos 130 kg /m³.

4.3. Requisitos para las briquetas de carbón para barbacoa

4.3.1. Carbono fijo

El carbón fijo de las briquetas secas de carbón para barbacoa será de un mínimo del 60%, calculado de acuerdo con 6.4.

4.3.2. Cenizas

El contenido de cenizas de las briquetas de carbón para barbacoas secas deberá ser de un máximo del 18%, cuando esta esta probado de acuerdo con 6.3.

4.3.3. Humedad

El contenido de humedad de las briquetas de carbón de barbacoa no deberá ser superior al 8%, cuando esta probado de acuerdo con 6.1

4.3.4. Granulación

La forma y el tamaño de las briquetas de carbón de barbacoa deben ser adecuados para su uso con equipos de barbacoa conformidad con la norma EN 1860- 1. Los gránulos de menos de 20 mm no deberán exceder del 10%, cuando se Con 6,6.

4.3.5. Carpeta

El aglutinante no debe causar riesgos para la salud cuando sus gases de combustión entren en contacto con los alimentos y la carpeta debe ser de calidad alimentaria.

4.4. Adiciones inadmisibles

4.4.1. Análisis microscópico

El análisis microscópico de acuerdo con 6.5 no debe detectar más de 10 partículas en 1 000 partículas de cualquier sustancia que normalmente no se encuentra después de la destilación de la madera para producir carbón de leña o en los permisos aglutinante en briquetas de carbón de leña.

Las siguientes inclusiones son ejemplos de sustancias inadmisibles:

- Orgánica: como todos los carbones fósiles y sus derivados, petróleo, coque, tono, plástico, etc.
- Inorgánicos: como vidrio, escorias, óxido, astillas de metal, polvo de piedra, etc.

El total de todas las adiciones inadmisibles detectadas no debe exceder el 1% en volumen, cuando se con 6,5.

4.4.2. No se permitirán sostenes químicos.

5. Muestreo

5.1. Muestreo para granulometría

La prueba de granulación se debe realizar utilizando bolsas seleccionadas al azar en la venta general utilizando un total mínimo. Peso de la muestra de 40 kg.

Tome la totalidad de cada paquete y combínelo para formar la muestra para el análisis de granulometría.

5.2. Muestreo de análisis de cenizas, humedad, volátiles y microscópicos

5.2.1. Preparación

Tome toda la muestra utilizada para probar la granulometría y aplaste hasta que el 100% de la muestra sea menor que 20 mm.

Las muestras para análisis individuales se obtienen de esta muestra de <20 mm mediante el método de cuarteo.

5.2.2. Materiales para el método de acuartelamiento

Una hoja de papel o plástico esmaltado de tamaño adecuado.

Un cartón o tabla de madera de dimensiones adecuadas.

5.2.3. Método de cuarteamiento

Coloque una hoja limpia seca en el suelo o, alternativamente, en una caja de dimensiones adecuadas si se prefiere.

Verter la muestra completa de <20 mm sobre la lámina o en la caja para formar un cono o una pirámide. Divida el cono o la pirámide en cuatro partes en dos operaciones usando cartón o tablero de madera. La altura y la anchura del tablero utilizado debe ser mayor que la altura y anchura del cono o pirámide formada por la muestra en la hoja.

Seleccione una de las cuatro partes y repita el proceso hasta que quede aproximadamente una muestra de 2 kg.

Tome dos de los trimestres finales, es decir, 2 muestras de aproximadamente 500 g, y selle en frascos herméticos para la humedad pruebas.

Tome un cuarto adicional (aproximadamente 500 g) para el análisis de cenizas, volátiles y microscópicos.

Tome el último trimestre para las pruebas de volatilidad y ciérrelo en un frasco hermético y consérvelo como una muestra de referencia.

Todo este proceso de prueba de granulometría, reducción de la muestra a <20 mm y posterior cuarteamiento.

El procedimiento debe realizarse de una vez y lo más rápido posible para minimizar la posible humedad pérdida de la muestra a granel.

6. Métodos de prueba

6.1. Humedad

6.1.1. Principio

Al modificar ISO 579, una muestra se calienta en aire a 105 ° C - 110 ° C y se mantiene a esta temperatura hasta que se obtiene masa constante. El porcentaje de contenido de humedad se calcula a partir de la pérdida de masa de la muestra. Las briquetas de carbón vegetal y carbón vegetal no son susceptibles de oxidación significativa en las condiciones establecidas.

Para el carbón impregnado y las briquetas de carbón impregnado, el impregnante debe extraerse antes de realizando la prueba. El ensayo de humedad se realizará de acuerdo con el Anexo B.

6.1.2. Aparato

- Horno de aire capaz de mantener una zona de temperatura sustancialmente uniforme a 105 ° C - 110 ° C y en la velocidad de cambio de la atmósfera es suficientemente rápida para la prueba.
- Bandeja de aproximadamente 0,1 m² de área y 25 mm de profundidad hecha de material no corrosible, como acero inoxidable, acero estañado o aluminio.
- Balance exacto a 1 g.

6.1.3. Muestra

La muestra debe consistir en 500 g de carbón o briquetas de carbón preparadas de acuerdo con las reglas prescrito en el muestreo.

6.1.4. Procedimiento

Pese, al 0,1% más cercano, la muestra y el recipiente como se recibió. Pesar la bandeja vacía y seca, transferir la muestra lo más completamente posible a la bandeja y extiéndala uniformemente. Coloque la bandeja cargada en el horno a la temperatura de 105 ° C - 110 ° C. Seque el recipiente mojado con cualquier muestra adherida a él calentando, transfiera la muestra restante en la bandeja y pesa el recipiente vacío y seco. Calentar la bandeja y su contenido hasta constante.

Se obtiene masa, pesando la bandeja en caliente para evitar la absorción de humedad durante el enfriamiento.

6.1.5. Expresión de resultados.

El contenido de humedad M del carbón vegetal analizado, expresado como porcentaje en masa, viene dado por la fórmula.

$$M = \frac{(m_1 - m_4) - (m_3 - m_2)}{(m_1 - m_4)} \cdot 100$$

Dónde:

M es el contenido de humedad, en porcentaje;

m 1 es la masa del recipiente más la muestra recibida, en gramos;

m 2 es la masa de la bandeja vacía y seca, en gramos;

m 3 es la masa de la bandeja más la muestra después del calentamiento, en gramos;

m 4 es la masa del recipiente seco y vacío, en gramos;

El resultado, preferiblemente la media de determinaciones duplicadas, se informará al 0,1% más cercano.

6.1.6. Precisión del método

Tabla 1: Precisión del método.

Contenido de humedad total	Diferencias máximas aceptables Entre los resultados obtenidos	
	En el mismo laboratorio (Repetibilidad)	En diferentes laboratorios (Reproducibilidad)
	0,5% absoluto	0,7% absoluto

6.2. Volátiles

La prueba es empírica y, para garantizar resultados reproducibles, es esencial que la velocidad de calentamiento, la temperatura final y la duración total del ensayo se controlarán cuidadosamente. El contenido de humedad de la muestra se determinará al mismo tiempo que el contenido de materia volátil para que la corrección apropiada puede ser hecho.

El aparato y el procedimiento se especifican de modo que se puedan realizar una o más determinaciones simultáneamente en el horno de mufla.

6.2.1. Principio

Al modificar ISO 562, la muestra se calienta a 900 ° C fuera de contacto con el aire durante 7 min. El porcentaje de la materia volátil se calcula a partir de la pérdida en masa de la muestra después de deducir la pérdida en masa debido a humedad.

Para el carbón impregnado y las briquetas de carbón impregnado, el imprégnate debe extraerse antes de realizando la prueba.

6.2.2. Reactivos

Desecante, fresco o recién regenerado y preferiblemente auto indicativo. Los desecantes adecuados son gel de sílice, alúmina activada y sulfato de calcio anhidro.

6.2.3. Aparato

- Horno de mufla, calentado por electricidad, en el que una zona adecuada a un nivel constante y uniforme se puede mantener una temperatura de $(900 \pm 10)^\circ\text{C}$. Puede ser del tipo de tope o equipado en la parte posterior con un conducto de aproximadamente 25 mm de diámetro y 150 mm de largo.

Su capacidad calorífica será tal que, con una temperatura inicial de 900°C , se alcance una temperatura mínima de 885°C recuperado en 4 min, preferiblemente en 3 min, de la inserción de un soporte frío y su (s) crisol (s), la temperatura se mide con un termopar sin revestimiento, como se describe en 6.2.3.2. Normalmente el horno se diseñará específicamente para recibir un crisol y su soporte o para determinaciones múltiples utilizando una serie de crisoles en un stand.

La temperatura de 900°C se alcanzará lo más cerca posible y la tolerancia de $\pm 10^\circ\text{C}$ se especificará de manera que en cuanto a los errores inherentes en la medición de la temperatura y la falta de uniformidad en la temperatura distribución.

Se debe elegir una posición para el soporte de crisol dentro de la zona de temperatura uniforme y esta posición utilizada para todas las determinaciones.

- Pirómetro, las características de temperatura del horno se deben verificar con un termopar sin revestimiento, de alambre no más grueso que 1 mm. La función térmica se insertará a medio camino entre la base del crisol en su soporte y el suelo del horno. Si el soporte sostiene más de un crisol, entonces la temperatura debajo de cada el crisol se comprobará de la misma manera. Si se desea, un termopar enfundado puede estar permanentemente instalado en el horno con su función térmica lo más cerca posible del centro de la zona de uniforme temperatura; en este caso, sus lecturas de temperatura se correlacionarán a intervalos frecuentes con las del termopar sin revestimiento, que luego se inserta solo cuando es necesario.

NOTA La relación temperatura / fuerza electromotriz de una función térmica mantenida a una altura elevada las temperaturas cambian gradualmente con el tiempo.

- Crisol y tapa, un crisol cilíndrico con una tapa bien ajustada, ambos de sílice fundida. El crisol y la tapa deberán tener una masa entre 10g y 14g y las dimensiones aproximadas a las que se muestran en la Figura 1. El ajuste de la tapa en el crisol es crítico para la determinación y se seleccionará una tapa para que coincida con el crisol de modo que la separación horizontal entre ellos no es superior a 0,5 mm. Después de la selección, el crisol y la tapa deben molerse juntos para dar superficies suaves y luego dar una marca distintiva común.

Dimensiones en milímetros

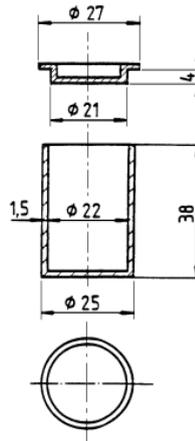


Figura 1: se debe utilizar crisol de sílice y crisol de tapa de sílice.

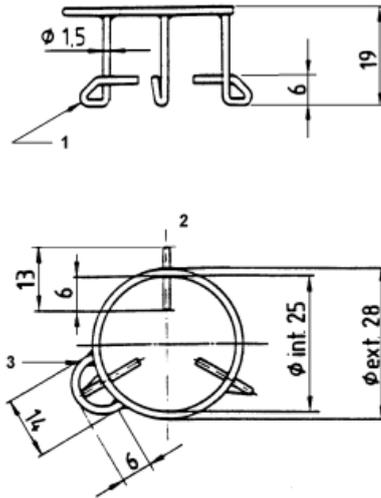
- Stand, en el que se coloca el crisol en el horno de mufla, de manera que se pueda calentar la velocidad de calentamiento adecuada logrado. Por ejemplo, puede consistir en lo siguiente:
 - a) para una sola determinación: un anillo de alambre de acero resistente al calor como se muestra en la Figura 2, con dos discos de material refractario, de 25 mm de diámetro y 1 mm de grosor, apoyados en la proyección interna de sus patas; o
 - b) para determinaciones múltiples: una bandeja de alambre de acero resistente al calor como se muestra en la Figura 3, del tamaño apropiado, con un material refractario adecuado plat 2 mm de espesor que soporta el crisol.
- Balance, exacto a 0,1 mg.

6.2.4. Preparación de la muestra.

El carbón vegetal utilizado para la determinación de la materia volátil es el análisis de la muestra para pasar un tamiz de 212 apertura de μm .

Antes de comenzar la determinación, mezcle bien la muestra de análisis durante al menos 1 minuto, preferiblemente con medios mecánicos

Dimensiones en milímetros

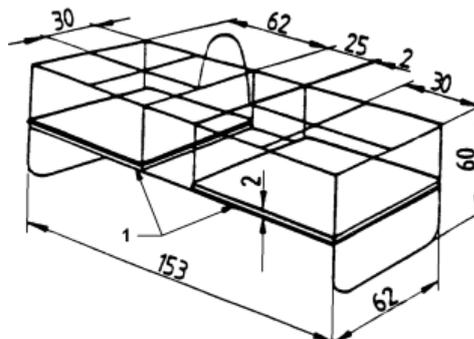


Llave

- 1.-Tres patas espaciadas a 120° de separación.
- 2.- anillo
- 3.-soporte

Figura 2 - Soporte de crisol para una sola determinación.

Dimensiones en milímetros



Llave

- 1.- Hojas de material refractario adecuado

Figura 3 - Soporte de crisol para determinaciones múltiples.

6.2.5. Procedimiento

Calentar en el horno de mufla a $(900 \pm 10)^\circ\text{C}$ durante 7 minutos en el crisol y la tapa o en el número requerido de crisoles y tapas para llenar el stand múltiple. Retire del horno, deje que los crisoles se enfríen primero en una losa de metal y, finalmente, en un desecador situado junto a la balanza.

c) Tan pronto como estén fríos, pese cada crisol y tapa vacíos y péselos en cada crisol, hasta el más cercano 0,1 mg, 1,00 g a 1,01 g de muestra. Como debemos expresar los resultados sobre una base seca lo siguiente se toma acción inicial:

d) Calentar el crisol sin la tapa a 105°C - 110°C durante 1 h.

e) Enfriar en un desecador.

f) Vuelva a pesar el crisol y el polvo de carbón seco y calcule el peso exacto del carbón seco permaneciendo en el crisol para ser probado por contenido volátil.

g) Vuelva a colocar la tapa y golpee el crisol sobre una superficie limpia y dura hasta que la muestra forme una capa uniforme grosor en el fondo del crisol.

El tratamiento del crisol con precisión similar antes y después de la determinación minimiza el efecto de cualquier película del agua se absorbe en su superficie, mientras que el enfriamiento rápido reduce la absorción de humedad por el residuo de carbón.

h) Ajuste la temperatura de la zona en el horno de mufla a $900^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$.

i) Coloque los crisoles cargados en un soporte frío y transfiera al horno. Cierre la puerta y permita permanecer durante exactamente 7 min. Retire, enfríe en un desecador y pese el (los) crisol (s) para establecer m_3 como requerido para calcular y expresar los resultados.

j) Si se realizan múltiples determinaciones, los lugares vacantes en el stand deben llenarse con vacíos crisoles

6.2.6. Expresión de resultados

La materia volátil V en base seca expresada como porcentaje en masa, viene dada por la ecuación

$$V = \frac{(m_2 - m_3)}{(m_2 - m_1)} \times 100$$

Dónde:

V es la materia volátil, como porcentaje en masa, en la muestra analizada;

m 1 es la masa del crisol vacío y la tapa, en gramos;

m 2 es la masa del crisol, la tapa y la muestra después de secar a 105 ° C durante 1 h, en gramos;

m 3 es la masa del crisol y la tapa y el contenido después del calentamiento, en gramos;

Los resultados (preferiblemente la media de las determinaciones duplicadas) se informarán al 0,1% más cercano.

6.2.7. Precisión del método.

Tabla 2: Precisión del método.

Muestra Briquetas de carbón y carbón de materia volátil Contenido > 10%	Diferencias máximas aceptables Entre los resultados obtenidos (calculado al mismo contenido de humedad)	
	En el mismo laboratorio (Repetibilidad)	En diferentes laboratorios (Reproducibilidad)
	0,3% absoluto	0,5% absoluto

6.2.8. Productos impregnados.

Antes de probar el carbón de barbacoa impregnado o las briquetas de carbón de barbacoa impregnadas, el impregnante debe ser extraído de acuerdo a 6.7.

6.3. Ceniza

6.3.1. Principio

Al modificar ISO 1171, la muestra se calienta en aire a una velocidad especificada hasta una temperatura de (710 ± 10) ° C y mantenido a esta temperatura hasta constante en masa.

El porcentaje de ceniza se calcula a partir de la masa del residuo después de la incineración.

Para el carbón impregnado y las briquetas de carbón impregnado, el impregnante debe extraerse antes de realizando la prueba.

6.3.2. Aparato

- Balance, exacto a 0,1 mg.
- **Horno de mufla** capaz de proporcionar una zona de temperatura sustancialmente uniforme a los niveles requeridos. Por el procedimiento y de alcanzar estos niveles en los tiempos especificados. La ventilación a través de la mufla en el horno debe ser tal que permita cambios de aire fino por minuto.

El número de cambios de aire por minuto se puede evaluar mediante la medición del flujo de aire en la mufla conducto de combustión mediante tubo pitot-estático y manómetro sensible.

- Plato de sílice, porcelana o platino, de 10 mm a 15 mm de profundidad, con tapa. El diámetro del plato será tal que la densidad de la superficie (masa) de la capa de muestra no exceda de 0,15 g / cm².
- Placa aislante de sílice, de 6 mm de grosor, o su equivalente, de un tamaño tal que se pueda deslizar fácilmente el horno de mufla.

6.3.3. Preparación de la muestra.

El carbón vegetal utilizado para la determinación de cenizas es el análisis de la muestra de tierra para pasar un tamiz de 200 µm abertura.

Antes de comenzar la determinación, mezcle bien la muestra de análisis durante al menos 1 minuto, preferiblemente con medios mecánicos.

6.3.4. Procedimiento

NOTA: Si se usa una placa de sílice, antes de determinar su masa inicial, se calentará a $(710 \pm 10)^\circ\text{C}$, se mantiene a esta temperatura durante 15 minutos y luego se enfría en las condiciones especificadas para la real determinación.

Pese a los 0,1 mg más cercanos, el plato y la tapa limpios y secos (consulte la Nota) distribuyen 1 g a 2 g de la muestra uniformemente en el plato.

Los resultados se expresan en base seca. Por lo tanto, se toma la siguiente acción inicial:

- a) Calentar el plato y la muestra a 105°C a 110°C durante 1 h.
- b) Enfriar en un desecador.
- c) Vuelva a pesar el plato y el polvo de carbón seco y calcule el peso exacto del carbón seco que queda en el plato a probar para el contenido de cenizas.

Inserte el plato descubierto en el horno de mufla a temperatura ambiente. Elevar la temperatura a 250 ° C en 30 min de 250 ° C a 500 ° C en otros 30 min; de 500 ° C a (710 ± 10) ° C en 60 minutos más y mantenga hasta lograr la masa constante.

Cuando se haya completado la incineración, cubra el plato con su tapa, retire el plato del horno, cubra el plato con su tapa, y permitir que se enfríe en una placa gruesa de metal durante 10 minutos y con posterior transferencia opcional a un desecador sin disecante.

Cuando esté frío, pese a los 0,1 mg más cercanos, el plato cubierto con su tapa. Recalentar a (710 ± 10) ° C por otros 15 el período mínimo hasta que cualquier cambio adicional en la masa no exceda de 1 mg.

6.3.5. Expresión de resultados

La ceniza A de la muestra analizada, expresada como porcentaje en masa, en base seca, viene dada por fórmula:

$$A = \frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1)} \times 100$$

Dónde:

A es el contenido de cenizas en porcentaje;

m 1 Es la masa del plato más la tapa, en gramos;

m 2 es la masa del plato más la tapa más la muestra después del secado a 105 ° C a 110 ° C durante 1 h, en gramos;

m 3 Es la masa del plato más la tapa más la ceniza, en gramos.

El resultado (preferiblemente la media de determinaciones duplicadas) se informará de acuerdo con 6.8 al 0,1% más cercano.

6.3.6. Precisión del método.

Tabla 3: Precisión del método.

Ceniza	Diferencias máximas aceptables Entre los resultados obtenidos (calculado al mismo contenido de humedad)	
	En el mismo laboratorio (Repetibilidad)	En diferentes laboratorios (Reproducibilidad)
Menos de 10%	0,2% absoluto	0,3% absoluto
10% y más	2,0% del resultado medio	3,0% del resultado medio

Si la trituración final para pasar un tamiz de 200 µm se lleva a cabo en diferentes laboratorios, los valores para la reproducibilidad dada anteriormente pueden ser excedida.

6.3.7. Producto impregnado

Antes de probar el carbón de barbacoa impregnado o las briquetas de carbón de barbacoa impregnadas, el impregnante debe ser extraído de acuerdo a 6.7.

6.4. Carbono fijo

El porcentaje en peso de carbono fijo se calcula matemáticamente mediante la siguiente ecuación.

$$C(\text{fix}) = 100 - (F+A)$$

F: es el contenido de materia volátil expresado como un porcentaje en peso del material libre de agua (WF)

A: Cenizas como porcentaje en peso de material libre de agua (WF)

6.5. Prueba de adiciones inadmisibles

La muestra debe ser molida de acuerdo con ISO 1988.

El material triturado se coloca sobre una superficie pulida que se ha preparado de acuerdo con ISO 7404-2. Luego se examina para detectar adiciones inadmisibles bajo un microscopio de acuerdo con la norma ISO 7404-3.

La investigación se realiza mediante luz reflejada utilizando:

- a) luz blanca normal;
- b) luz polarizada;
- c) excitación con luz azul;
- d) todos a 300 aumentos.

La cuantificación de las adiciones inadmisibles se da como un porcentaje por volumen (Vol%) y se lleva a cabo e acuerdo con la norma ISO 7403 con las siguientes modificaciones:

- se debe contar un mínimo de 1 000 partículas sin tener en cuenta las partículas en el montaje medio;
- los resultados del conteo se presentan como un porcentaje por volumen redondeado al más cercano entero;
- antes de probar el carbón de barbacoa impregnado o las briquetas de carbón de barbacoa impregnadas el impregnante debe ser eliminado.

6.6. Granulometría

La muestra se tamiza cuidadosamente con tamices de prueba redondos con un diámetro de agujero de 150 mm, 80 mm, 20 mm y 10 mm, de acuerdo con la norma ISO 1953. La cantidad cribada respectivamente se determina por pesaje. El tamiz es acosado hasta que no se produzcan más pases notables. Pueden producirse piezas de tallo más largas que 150 mm que pueden caer a través del tamiz en otra dirección. Estas piezas deben ser clasificadas en la fracción 20 - 80.

6.7. Determinación del contenido impregnante.

El carbón de barbacoa impregnado o las briquetas de carbón de barbacoa impregnadas deben ser extraídas con o se determinará el N-hexano según ISO 975 y el nivel de porcentaje del impregnante extraído con 4.1.1 del método EN 1860-3: 2003.

6.8. Informe de prueba

El informe de la prueba deberá incluir los siguientes datos:

- a) una identificación del producto probado;
- b) los resultados y la base del análisis;
- c) características inusuales notadas durante la determinación;

d) Desviación de este documento.

7. Marcado

7.1. Comunicación del consumidor sobre bolsas de carbón.

El empaque del carbón y las briquetas de carbón que se venderán deben llevar las siguientes marcas:

a) La indicación del contenido debe estar marcada en la bolsa tanto para carbón de barbacoa como para carbón de barbacoa.

Las briquetas y sus versiones impregnadas. La indicación de contenido puede hacerse en peso o en volumen de acuerdo con la legislación nacional, a menos que cualquier ley posterior de la CE lo sustituya.

b) " Barbacoa de carbón" o "Barbacoa de carbón briquetas" será la marca mínima / descripción del contenido.

c) Las instrucciones deben especificar consideraciones de seguridad, salud y uso para el uso correcto y seguro del producto.

d) El número de este documento (el cumplimiento de este documento debe ser probado por un certificado laboratorio).

NOTA El método de prueba para la determinación del volumen de carbón vegetal se presenta en el Anexo A (normativo).

7.2. Comunicación del consumidor sobre bolsas de carbón impregnadas.

7.2.1. Instrucciones para el consumidor sobre los productos de carbón "solo luz de la bolsa"

El embalaje del carbón impregnado y las briquetas de carbón impregnado que se venderán debe llevar las siguientes marcas se venden en una bolsa que debe usarse sin abrir:

a) No abra la bolsa.

b) Poner la bolsa en la barbacoa.

c) Ilumina las esquinas de la bolsa.

d) No ponga bolsas nuevas en una barbacoa una vez que haya comenzado a cocinar los alimentos.

e) Contenido, es decir, 4x1 kg, 1x1, 4 kg, 2x LT, etc.

f) "ADVERTENCIA: No coloque carbón de barbacoa impregnado adicional o carbón de barbacoa impregnado briquetas en una barbacoa una vez que la cocción ha comenzado "

g) El carbón de barbacoa impregnado o las briquetas de carbón de barbacoa impregnadas tendrán una clara indicación en el embalaje que el producto está impregnado.

ADVERTENCIAS:

- no utilizar en interiores;
- mantenga a los niños a una distancia segura;
- no exponga las bolsas a temperaturas extremas;
- no utilice un agente de arranque adicional después de encender la barbacoa.

7.2.2. Instrucciones para el consumidor sobre los productos de carbón vegetal "match light"

El embalaje del carbón impregnado y las briquetas de carbón impregnado que se venderán debe llevar las siguientes marcas se venden en una bolsa que contiene un producto suelto adecuado para el uso de múltiples barbacoas.

a) Coloque en la barbacoa suficientes briquetas de carbón de barbacoa impregnadas o de carbón de leña impregnadas.

b) Enciende el carbón o las briquetas de carbón.

c) No agregue combustible suelto impregnado adicional en una barbacoa una vez que haya comenzado a cocinar los alimentos.

ADVERTENCIAS:

- no utilizar en interiores;
- mantenga a los niños a una distancia segura;
- no exponga las bolsas a temperaturas extremas;
- no utilice un agente de arranque adicional después de encender la barbacoa.

ANEXO A

(normativo)

Determinación del volumen de carbón vegetal.

A.1. General

Este anexo describe un método para determinar el volumen de carbón vegetal contenido en una bolsa cuyos contenidos son marcados en litros. Se aplica al carbón como se especifica en EN 1860-2.

A.2. Principio

Un recipiente estandarizado que corresponde con el volumen marcado en la bolsa se llena con carbón vegetal la superficie libre del carbón vegetal se nivela con una regla.

La diferencia entre el volumen del contenido en la bolsa y el volumen del contenedor se evalúa por la distancia promedio entre la superficie superior del carbón y la regla presionada en el borde del envase.

A.3. Electrodomésticos

El contenedor con un volumen idéntico al marcado en la bolsa tiene forma cilíndrica, es rígido construcción: la altura y el diámetro interno deben ser iguales.

La regla de nivelación debe ser rígida, recta y con una sección recta cuadrada u oblonga.

A.4. Muestreo

Las inspecciones deben llevarse a cabo en bolsas de calidad comercial, tomadas como muestras directamente de los puntos de venta.

A.5. Método de operación

Abra la bolsa, vierta lentamente el carbón de leña en el recipiente de inspección. La altura de vertido debe ser tan baja como posible, ya que la apertura de la bolsa se mantiene a la altura de la parte superior del contenedor.

Una vez que la bolsa esté completamente vacía, deje la parte superior del montón de carbón con una regla que debe ser capaz de descansar en cualquier dirección en los bordes superiores del contenedor.

A.6. Certificado de conformidad

El contenido de las bolsas se declara conforme al lugar donde la regla toca las piezas superiores de carbón o si la distancia entre la regla y la parte superior de las piezas de carbón no excede de uno

centímetro.

A.7 Certificado de inspección

El certificado debe mostrar las condiciones de inspección:

- Lugar: el nombre comercial y la dirección del punto de venta desde donde se tomó la muestra.
- Denom Denominación de venta del producto, código de embalaje, nombre y dirección del fabricante o distribuidor.
- El volumen de la bolsa.
- El volumen del envase.
- Certificado de conformidad o de no conformidad.
- El organismo autorizado que ha llevado a cabo la inspección.

ANEXO B

(normativo)

Determinación del contenido de humedad para el carbón impregnado y para briquetas de carbón impregnado

B.1 General

Este anexo especifica un método volumétrico directo para determinar el contenido de humedad de los carbones pardos y lignitos. Puede usarse para la determinación de la humedad total o la humedad en la muestra de análisis.

B.2 Principio

Una porción de prueba se calienta en condiciones de reflujo en un matraz que contiene tolueno o xileno en ebullición. La humedad es arrastrada por el vapor de tolueno o xileno y llevado a un condensador equipado con un receptor graduado, el agua se separa en el receptor para formar una capa inferior mientras el reactivo en exceso se devuelve al frasco de destilación mediante desbordamiento. El contenido de humedad se calcula a partir de la masa de la muestra tomada y el volumen de agua recogida.

NOTA: Los resultados obtenidos utilizando tolueno y xileno pueden no ser idénticos para todas las brasas y lignitos marrones. Es preferible utilizar tolueno, en lugar de xileno, en los casos en que este último pueda causar la liberación de agua del carbón grupos funcionales. Además, para obtener resultados de humedad comparables a métodos alternativos como el descrito en ISO 5068: 1983, Carbones pardos y lignitos. Determinación del contenido de humedad. Se recomienda el método gravimétrico indirecto para emplear tolueno que hierve en un rango similar a la temperatura de secado especificada en ISO 5068.

B.3 Reactivos

Durante el análisis, use solo reactivos de grado analítico reconocido y agua destilada o agua de pureza equivalente.

B.3.1 Tolueno (ver Nota en B.3.2), punto de destilación 110 ° C.

B.3.2 Xileno (véase la Nota más abajo), intervalo de destilación 135 ° C a 140 ° C.

ADVERTENCIA: el xileno y el tolueno son inflamables y tóxicos por inhalación, ingestión o absorción por la piel.

NOTA En vista de la baja solubilidad del agua en tolueno o en xileno, se puede demostrar que solo un error muy pequeño en la determinación podría surgir de variaciones en la condición de saturación del reactivo de arrastre. Sin embargo, con el fin se reduzca este error a insignificante, se recomienda que el reactivo se use en las mismas condiciones para la determinación como durante la calibración del aparato.

B.4 Aparato

Todos los aparatos graduados deberán ser de la mejor calidad analítica disponible.

B.4.1 Matraz de destilación, de capacidad mínima 500 ml.

B.4.2 Condensador, con una longitud mínima de camisa de agua de 200 mm, y equipado con un labio extendido para dirigir el destilado en el receptor sin tocar los lados.

B.4.3 Receptor, para el agua condensada, graduado en 0,1 ml.

Es importante que el receptor y el condensador estén limpios. Para asegurar esto, serán tratados con una limpieza reactivo como una solución fuerte de dicromato de potasio en ácido sulfúrico.

El condensador, el receptor y el matraz se montan por medio de juntas de vidrio esmerilado. Un tubo de desbordamiento conectado al receptor o a la porción inferior del condensador permite el retorno del reactivo condensado a el matraz de destilación. El condensador puede montarse para condensar un flujo ascendente o descendente corriente de vapor.

B.4.4 Piezas de tubo de vidrio, de 5 mm de diámetro y 5 mm de largo, con bordes afilados, para ser utilizados como punto de ebullición SIDA.

B.4.5 Tubo de pulverización, de vidrio, a través del cual se puede suministrar el reactivo para lavar la superficie interna del condensador. Esta precaución es necesaria solo cuando se emplea un condensador de flujo ascendente.

B.4.6 Bureta, graduada en divisiones de 0,05 ml.

B.4.7 Balance, exacto a 10 mg.

B.5 Preparación de la muestra.

B.5.1 Preparar la muestra para la determinación de la humedad total de acuerdo con ISO 5069-2: 1983, Cláusula 7.

NOTA Si el proceso de secado al aire se ha llevado a cabo de acuerdo con ISO 5069-2: 1983, Cláusula 9, la humedad total, M_T expresado como un porcentaje en masa, se calcula a partir de la fórmula.

$$M_T = W_{ex} + M \left(1 - \frac{W_{ex}}{100}\right)$$

Dónde:

W_{ex} , es la pérdida de humedad debida al secado al aire, expresada en porcentaje en masa;
 M , es el porcentaje de humedad residual en la muestra secada al aire.

B.5.2 Prepare la muestra para la determinación de humedad en la muestra de análisis de acuerdo con ISO 5069-2: 1983, cláusula 8.

B.6 Procedimiento

B.6.1 Calibración de aparatos

Calibre cada aparato destilando una serie de volúmenes de agua conocidos con precisión, medidos utilizando la bureta, que cubre el rango de contenido de humedad que probablemente se encontrará en las muestras a analizar.

Dibuje una gráfica que muestre el volumen en mililitros de agua agregada contra la lectura de la escala del agua recuperada en el receptor. Usa la gráfica para corregir el volumen de agua obtenido en cada prueba.

La calibración se repetirá cuando haya algún cambio de reactivos o de cualquier parte del aparato.

B.6.2 porción de prueba

Antes de comenzar la determinación de la humedad en la muestra de análisis, mezcle bien la muestra secada al aire durante al menos 1 minuto, preferiblemente por medios mecánicos.

Pese, hasta los 0,01 g más cercanos, aproximadamente 50 g de la muestra (cuando se espera que el contenido de humedad sea superior a 20% (m / m), pesar 25 g), y transferir

al matraz de destilación seco. Añadir 200 ml de tolueno o xileno de manera que cualquier muestra que se adhiere al cuello o al costado del matraz es lavada por el reactivo.

NOTA La masa de la parte de prueba y el tamaño del receptor están interrelacionados. En general, el agua condensada debe ocupar al menos un tercio del volumen graduado del receptor.

B.6.3 Determinación

Llene el receptor con el mismo reactivo. Coloque dos o tres piezas del tubo de vidrio en el matraz de destilación para prevenir la ebullición violenta y montar el aparato. Iniciar el flujo de agua a través del condensador y calentar el matraz de manera uniforme y suave para que su contenido comience a hervir después de unos 15 min. A continuación, ajuste la velocidad de calentamiento para garantizar una velocidad de destilación de 2 a 4 gotas por segundo.

Continuar con la destilación hasta que el reflujo de tolueno o xileno sea transparente y no se acumule más agua en el receptor. Si se utiliza un condensador para un vapor de vapor que fluye hacia arriba, enjuague las gotas de agua que se adhieran al interior de la superficie del condensador o las paredes superiores del receptor con el reactivo empleado usando el tubo de rociado, y continúe con la destilación durante un tiempo suficiente para asegurarse de que el agua regresa al matraz de destilación ha sido trasladado al receptor. Permita que la nubosidad del destilado se aclare y lea el volumen de agua recogida en el receptor.

B.7 Expresión de resultados.

Suponiendo que la densidad del agua es 1 g / ml, el contenido de humedad, M de la muestra analizada, expresado como porcentaje en masa, viene dado por la fórmula

$$M = (V_c/m) * 100$$

dónde

V_c; es el volumen corregido, en mililitros, de agua que se lee de la gráfica;

M; es la masa, en gramos, de la porción de prueba.

El resultado obtenido representa:

- a) porcentaje en masa de humedad total en la muestra, si esta última no se ha secado al aire previamente; o
- b) porcentaje de humedad residual, si se ha incluido algún procedimiento de secado al aire en la preparación de la muestra; o
- c) porcentaje de humedad en la muestra de análisis.

El resultado final se informará al 0,1% más cercano (m / m).

B.8 Precisión del método.

B.8.1 Repetibilidad

La diferencia máxima aceptable entre determinaciones individuales realizadas en un laboratorio en dos muestras de humedad separadas tomadas simultáneamente, de acuerdo con ISO 5069-2, no deberán exceder los valores dado en la Tabla B.1.

B.8.2 Reproducibilidad

La máxima diferencia aceptable entre determinaciones individuales realizadas en diferentes laboratorios en dos las muestras de humedad separadas tomadas simultáneamente, de acuerdo con ISO 5069-2, no deberán exceder los valores dado en la Tabla B.1.

Tabla B.1 - Datos de precisión

Humedad contenida	Máximo aceptable diferencias Entre resultados	
	Repetibilidad	Reproducibilidad
Menos que 20 % (m/m)	0,4 % (m/m)	0,8 % (m/m)
20 % (m/m) y encima	2,0% del resultado	4,0% del resultado

B.9 informe de prueba

El informe de la prueba deberá incluir los siguientes datos:

- a) referencia del método utilizado;
- b) reactivo de arrastre utilizado y su grado de saturación (es decir, "húmedo" o "seco");

- c) el resultado y el método de expresión utilizado;
- d) cualquier característica inusual observada durante la determinación;
- e) cualquier operación no incluida en este documento o en la norma a la que se hace referencia, o cualesquiera operaciones opcionales.

Bibliografía

- [1] ISO 5068: 1993, Carbones pardos y lignitos.
Determinación del contenido de humedad. Método gravimétrico indirecto.

1987-11-04

**BRIQUETAS COMBUSTIBLES PARA USO
DOMÉSTICO**



E: FUEL BRIQUETES FOR HOUSEHOLS USE

CORRESPONDENCIA:

DESCRIPTORES: carbón; briqueta;
combustible sólido.

I.C.S.: 75.160.10

Editada por el Instituto Colombiano de Normas
Técnicas y Certificación (ICONTEC) Numeral
14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 -
Fax 2221435

Prohibida su reproducción Primera actualización Editada

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo. La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 2060 (Primera actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo de 1987-11-04.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación, se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico C35.1 Carbón.

ACERÍAS PAZ DEL RÍO
ANÁLISIS INDUSTRIALES
CARBOCOL

CEMENTOS SAMPER
ECOPETROL

E.E.E.B.

INGEOMINAS

PRODECO

S.G.S. COLOMBIA S.A.

TECSOL LTDA.

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

BRIQUETAS COMBUSTIBLES PARA USO DOMÉSTICO

1. OBJETO

Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben someterse las briquetas combustibles para uso doméstico.

2. DEFINICIONES Y CLASIFICACIÓN

2.1. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma se establecen las siguientes:

- 2.1.1.** Briqueta: mezcla sólida combustible de sustancias aglomeradas de forma y tamaño adecuado para uso doméstico.
- 2.1.2.** Remesa: cantidad de producto objeto de un envío comercial.
- 2.1.3.** Lote: cantidad definida de la remesa que se presume tiene las mismas características, sobre la cual se va a juzgar su calidad.
- 2.1.4.** Unidad de muestreo: número de unidades de distintos lugares de un lote.
- 2.1.5.** Muestra global: cantidad total de muestra formada por la mezcla de las unidades de muestreo.
- 2.1.6.** Muestra reducida: cantidad de producto obtenido por reducción de la muestra global y que es representativa del lote.
- 2.1.7.** Muestra para análisis: cantidad representativa de la muestra global, o reducida, que se destina para análisis.

2.2. CLASIFICACIÓN

- 2.2.1.** Tipo 1. Briquetas provenientes de carbón mineral.
- 2.2.2.** Tipo 2. Briquetas provenientes de otro tipo de combustible

3. CONDICIONES GENERALES

- 3.1.** Las briquetas deben poseer un tamaño mayor o igual a 3 cm en su dimensión mínima, deben ser de fácil encendido y presentar una combustión limpia, además no deben deteriorarse durante su transporte y manejo ni en condiciones normales de almacenamiento.
- 3.2.** El tamaño, el poder calorífico y las características físicas y mecánicas de las briquetas deben ser uniformes.
- 3.3.** El aglutinante de las briquetas debe ser un producto que posea características aglomerantes, siempre que no sea tóxico ni produzca gases tóxicos o irritantes durante su combustión en cantidad superior a la permisible (véase el numeral 8.2).
- 3.4.** El iniciador se debe fabricar con un material de encendido instantáneo que no sea tóxico ni emita gases tóxicos o irritantes durante su combustión en cantidad superior a la permisible, que no ahumé las briquetas y debe cumplir con los requisitos indicados en la respectiva norma de producto (véase el numeral 9.1.2).

4. REQUISITOS

- 4.1.** Las briquetas cumplirán los requisitos indicados en la Tabla 1.

Tabla 1. Requisitos de las briquetas

Propiedad	Tipo 1	Tipo 2
Poder calorífico, en KJ/kg, mínimo	21 000 (véase la Nota 1)	12 500 (véase la Nota 1)
Cenizas, en % m/m, máximo	30	30
Carbono fijo, % en masa, mínimo	50	-
Material volátil, en % máximo, m/m	15	15
Humedad, en % máximo (véase la Nota 2)	2,5	2,5
Contenido de azufre, en %, m/m, máximo.	1,0	1,0

Notas:

- **Aproximadamente 5 000 kilocalorías/kg y 3 000 kilocalorías/kg**
- **Este requisito se controla en la etapa final de distribución**

- 4.2. Además de los anteriores, cumplirán los siguientes requisitos:**

- 4.2.1.** Resistencia al aplastamiento. Cuando las briquetas se sometan al ensayo indicado, en el numeral, 6.7, el promedio ponderado de la carga de aplastamiento (Rm) corresponderá de acuerdo con la masa de la briqueta, a los valores indicados en la Tabla 2.

Tabla 2. Requisitos de resistencia al aplastamiento

Masa de cada briqueta en g/briqueta	Rm, mínimo en N (kgf)
60 ó más	784,31 (80)
40	588,23 (60)
30	490,19 (50)
20	392,15 (40)

- 4.2.2.** Medida de la resistencia a la abrasión y al impacto. Cuando las briquetas se ensayen de acuerdo con lo indicado en el numeral 6.8, menos del 35 % de la masa de las briquetas podrá pasar por la malla de barras.
- 4.2.3.** Emisión de humo y hollín. Cuando la briqueta se ensaye de acuerdo con lo indicado en el numeral 6.9, no aparecerá ningún hilo de humo negruzco antes de transcurrir 90 s.
- 4.2.4.** Facilidad de encendido. Cuando las briquetas se ensayen de acuerdo con lo indicado en el numeral 6.10, permanecerán encendidas después de 10 min de haber retirado los iniciadores y continuarán su combustión durante un período mínimo de 90 min.

5. TOMA DE MUESTRAS Y RECEPCIÓN DEL PRODUCTO

5.1. TOMA DE MUESTRAS

- 5.1.1.** El muestreo se efectuará de tal manera que las unidades de muestreo sean representativas de las características de todo el lote. Una vez efectuado el muestreo, los excedentes de la muestra se devolverán al propietario del lote en remesa.
- 5.1.2.** Preparación del lote para muestreo. El lote se preparará de tal forma que las muestras puedan tomarse sin obstáculos ni demora. El muestreador será debidamente autorizado y si es necesario, tomará las muestras en presencia de las partes interesadas.
- 5.1.3.** Extracción de las unidades de muestreo. Las unidades de muestreo se tomarán de diferentes sitios y niveles de cada lote y al azar de acuerdo con lo indicado en la Tabla 3.

Tabla 3. Determinación del tamaño de la muestra para briquetas empacadas

Número de empaques comerciales similares que constituyen el lote	Número de empaques o muestras (cada una constituye una unidad de muestreo) que deben tomarse
1 a 10	1
11 a 50	3
51 a 100	5
101 a 300	7
301 a 500	9
501 A 1 000	10
más De 1 000	15 (mínimo)

5.1.4. La muestra global se obtiene reuniendo o mezclando las unidades de muestreo; la muestra reducida se obtiene a partir de la muestra global, por cuarteo.

5.1.5. El tamaño de la muestra para ensayo será de 15 kg.

5.1.6. Las muestras para ensayo se empacarán y sellarán debidamente.

5.1.7. Las muestras se marcarán en forma legible e indeleble de la siguiente forma: designación del producto, lugar del muestreo, fecha y hora del muestreo, tamaño del lote y de la muestra para análisis, marca de identificación para el lote y para la muestra.

5.2. ACEPTACIÓN O RECHAZO

Si la muestra ensayada no cumple con uno de los requisitos indicados en esta norma, se rechazará el lote. En caso de discrepancia en los resultados, se repetirán los ensayos sobre la muestra reservada para tales efectos, cualquier resultado no satisfactorio en este segundo caso será motivo para rechazar el lote.

6. ENSAYOS

6.1. DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO

Se efectúa de acuerdo con la NTC 2128.

6.2. DETERMINACIÓN DE CENIZAS

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la NTC 1859.

6.3.DETERMINACIÓN DEL CARBONO FIJO

El carbono se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de carbono fijo} = 100 - (A + B + C)$$

Donde:

- A = contenido de humedad, en % (véase el numeral 6.5).
- B = contenido de cenizas, en % (véase el numeral 6.2).
- C = contenido de materia volátil, en %, (véase el numeral 6.4)

6.4. DETERMINACIÓN DE LA MATERIA VOLÁTIL

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la NTC 2018.

6.5. DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la NTC 1872.

6.6. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AZUFRE

Véase el numeral 9.1.1

6.7. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO

La briqueta fría se coloca entre dos superficies planas de acero de 10 cm x 10 cm y se le aplica la carga de compresión a una velocidad de 5 kilos por segundo y se lee para cada briqueta la fuerza de compresión en el momento de aplastamiento. Para cada ensayo se deben emplear de 50 a 100 briquetas de la misma masa y se calcula el promedio ponderado de la carga de aplastamiento (R_n), el valor obtenido debe corresponder con lo indicado en la Tabla 2. El 90 % de las briquetas deben tener una resistencia individual mayor de 0,75 R_m .

6.8. DETERMINACIÓN DE LA MEDIDA DE RESISTENCIA A LA ABRASIÓN Y AL IMPACTO

6.8.1. Se carga el tambor (véase la Figura 1) con 5 kg de briquetas enteras y se hace girar durante dos minutos a 25 r/min, luego se recoge todo el material que se encuentra dentro del tambor y se pasa por una malla de

barras de 10 mm de diámetro espaciadas a 15 mm. El ensayo se efectúa por duplicado.

- 6.8.2.** En caso de briquetas de más de 90 mm en su dimensión mayor, se emplea un tambor similar, pero con 1 m de largo, y se cargan 50 kg de briquetas, todas las demás condiciones del ensayo son iguales.

Nota. La norma ASTM D440 contempla un método de ensayo para determinar la resistencia a la abrasión y al impacto, sin embargo, no se incluye en esta norma como método alternativo hasta tanto no se establezca el valor del requisito correspondiente.

6.9. EMISIÓN DE HUMOS Y HOLLÍN

Se coloca una briqueta en un horno de mufla previamente calentado a 950 °C se deja la puerta del horno abierta y se observa la briqueta. Se repite el ensayo con 20 briquetas y se pasa con el 90 % de resultados aceptables.

6.10. FACILIDAD DE ENCENDIDO

6.10.1. Aparatos

- a) Estufa estándar u otra equivalente (véase la Figura 2), cargada con las briquetas bajo ensayo.
- b) Iniciadores que cumplan con lo especificado en el numeral 3.4.

6.10.2. Procedimiento

- a) Se precalienta la estufa a 20 °C mediante la combustión de dos iniciadores durante cinco minutos.
- b) Se emplean tres iniciadores en cada hogar, se encienden y se colocan dentro del compartimiento para cenizas, uno junto al otro (formando un triángulo), cuidando que la llama esté ubicada en el centro de la rejilla del hogar y se cierra la compuerta de la estufa.
- c) Se dejan transcurrir 20 min a 25 min y se retiran los iniciadores.
- d) Se observa si las briquetas permanecen encendidas después de 10 min de haber retirado los iniciadores.
- e) Se contabiliza el tiempo de combustión total de las briquetas bajo ensayo.

7. EMPAQUE Y ROTULADO

7.1. EMPAQUE

Las briquetas se empacarán en bolsas de material adecuado que permitan conservar la calidad del producto, así como su manejo hasta su destino final.

7.2. ROTULADO

En el rótulo deberán aparecer como mínimo las siguientes indicaciones:

7.2.1. Nombre del producto.

7.2.2. Nombre y marca del fabricante o distribuidor.

7.2.3. Masa neta en unidades del Sistema Internacional.

7.2.4. Poder calorífico en Kcal/kg (KJ/kg).

7.2.5. La siguiente leyenda en letra clara y legible: "Estas briquetas solo se pueden emplear en cocinas o fogones provistos de chimenea al exterior y en lugares convenientemente ventilados. La chimenea debe someterse a limpieza periódica para evitar taponamiento".

7.2.6. La frase "Industria Colombiana".

8. PRECAUCIONES

8.1. En la fabricación de las briquetas no se deben emplear sustancias aglutinantes u otros aditivos que sean tóxicos o que por combustión produzcan gases tóxicos o irritantes en cantidad superior a la permisible.

8.2. Los valores límites de los gases tóxicos o irritantes serán los establecidos en las prescripciones legales vigentes.

9. APÉNDICE

9.1. INDICACIONES COMPLEMENTARIAS

Hasta tanto no se adopte la NTC para la determinación indicada en el numeral 6.6, se recomienda seguir el procedimiento indicado en la norma ASTM D 3177.

Mientras no se adopte la NTC para los iniciadores, estos deberán cumplir con las características indicadas en la Tabla 4.

**Tabla 4.
Características de los
iniciadores**

Característica	Valor
Altura de llama, mín, en cm	2,5
Poder calorífico, mín, en KJ/kg (Cal/g).	27209(6 500)
Tiempo de combustión, mín. en minutos*	25

* Véase el numeral 8.2

9.2. NORMAS QUE DEBEN CONSULTARSE

NTC 1859, Minerales. Determinación de cenizas.

NTC 1872, Carbón. Determinación de la humedad total. NTC 2018, Carbón.

Determinación de la materia volátil.

NTC 2128, Carbón. Determinación del poder calorífico. Método de la bomba calorimétrica y cálculo del poder calorífico neto.

9.3. DOCUMENTO DE REFERENCIA

Literatura técnica suministrada por los miembros del Comité.