

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



TESIS

**CONSUMO EN LA COCINA MEJORADA VERSUS LA COCINA A FOGÓN DE LEÑA DE
Eucalyptus globulus, EN EL DISTRITO DE JORGE CHÁVEZ, CELENDÍN -2024**

Para obtener el título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por la bachiller:

GIULIANNA SABINA MORI CHÁVEZ

Asesor:

Ing. MCs. Edgar Darwin Díaz Mori

CELENDÍN-PERÚ

- 2026 -



CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
GIULIANNA SABINA MORI CHÁVEZ
DNI N° 73472003
Escuela Profesional/Unidad UNC:
DE INGENIERÍA AMBIENTAL
2. Asesor:
Ing. M Cs. EDGAR DARWIN DÍAZ MORI
Facultad/Unidad UNC:
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
3. Grado Académico o título profesional:
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título del trabajo de investigación:
**"CONSUMO EN LA COCINA MEJORADA VERSUS LA COCINA A FOGÓN
DE LEÑA DE Eucalyptus globulus, EN EL DISTRITO DE JORGE CHÁVEZ,
CELENDÍN -2024 "**
6. Fecha de evaluación: 27/10/2025
7. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (ORIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 9%
9. Código documento:
10. Resultado de la evaluación de Similitud:
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha de Emisión: 27/02/2026

Firma y/o Sello
Emisor Constancia

Ing. M Cs. EDGAR DARWIN DÍAZ MORI
DNI:
27041767

*En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Celendín, a los veintisiete días del mes de febrero del año dos mil veintiséis, se reunieron en el **aula 102** de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental - Sede Celendín, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 051-2026-FCA-UNC, de fecha 12 de enero del 2026**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: "**CONSUMO EN LA COCINA MEJORADA VERSUS LA COCINA A FOGÓN DE LEÑA DE *Eucalyptus globulus*, EN EL DISTRITO DE JORGE CHÁVEZ – CELENDÍN - 2024**", realizada por la Bachiller **GIULIANNA SABINA MORI CHÁVEZ** para optar por el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las **NUEVE** horas con **CINCO** minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con calificativo de **QUINCE (15)** por tanto, el Bachiller queda expedido para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las **DIEZ** horas y **DIEZ** minutos del mismo día, el presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.


Ph.D. Manuel Roberto Roncal Rabanal
PRESIDENTE


Ing° M. Cs. Giovana Ernestina Chávez Horna
SECRETARIO


Ing. M. Cs. Adolfo Máximo López Aylas
VOCAL


Ing° M. Cs. Edgar Darwin Díaz Mori
ASESOR

COPYRIGHT © 2026 by
GIULIANNA SABINA MORI CHÁVEZ
Todos los derechos reservados

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía constante, darme la fortaleza espiritual y la perseverancia necesarias para culminar con éxito este camino académico.

A mi madre, quien no solo me brindó amor y apoyo incondicional, sino que estuvo presente en todo el proceso y en la ejecución de mi investigación, acompañándome con paciencia, dedicación y esfuerzo, siendo un pilar fundamental para la culminación de este logro.

A mi familia, por su confianza, aliento y comprensión, que fueron fuente de motivación en cada etapa de esta trayectoria.

A las familias que participaron activamente y me brindaron su colaboración en la ejecución de mi investigación, permitiendo con generosidad que este estudio se hiciera posible.

A todos ellos, dedico con gratitud y respeto el presente trabajo académico.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, fuente de fortaleza y guía en cada paso de mi vida, por concederme la sabiduría, la salud y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi formación profesional.

A mi madre, por su amor incondicional, su apoyo constante y sus sacrificios, que han sido el pilar fundamental en mi vida. Sin su ejemplo de esfuerzo y dedicación, este logro no habría sido posible.

A mi familia en general, quienes con sus palabras de aliento, comprensión y respaldo me acompañaron en los momentos de dificultad y celebraron conmigo cada avance alcanzado.

A mi Universidad, por brindarme la formación académica, el conocimiento y las herramientas necesarias que han contribuido a mi desarrollo personal y profesional, así como a todos los docentes que con paciencia y dedicación compartieron su experiencia.

Finalmente, expreso mi más sincero reconocimiento a las familias que generosamente permitieron la realización de las muestras de este estudio en sus hogares. Su colaboración desinteresada y confianza fueron indispensables para llevar a cabo esta investigación.

A todos, mi profundo y eterno agradecimiento.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	4
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Antecedentes	4
2.2. Bases teóricas.....	14
2.2.1. <i>Consumo de Leña en Perú</i>	14
2.2.2. <i>Fogones Tradicionales: Consumo de Leña</i>	14
2.2.3. <i>Cocina Mejorada</i>	14
2.2.3.1. Estufas y hornos de biomasa.	15
2.2.3.1. Sistemas de calefacción de agua con biomasa.	15
2.2.3.3. Sistemas de generación de electricidad con biomasa.	15
2.2.3.4. Hornos de panadería y secadores de alimentos.	15
2.2.4. <i>Ventajas de las Cocinas Mejoradas</i>	15
2.2.4.1. Eficiencia energética.	16
2.2.4.2. Reducción de emisiones.....	16
2.2.4.3. Menor consumo de combustible.	16
2.2.4.4. Mejora en la calidad del aire interior.....	16
2.2.4.5. Reducción de la deforestación.....	16
2.2.4.6. Mayor seguridad.	17
2.2.4.7. Mayor durabilidad y resistencia.....	17
2.2.4.8. Posibilidad de combinación con sistemas de ventilación.	17
2.2.4.9. Adaptabilidad a diversas necesidades y usos.	17
2.2.4.10. Beneficios para la salud.....	17
2.2.5. <i>Tipos de Cocinas Mejoradas</i>	18
2.2.5.1. Cocinas mejoradas de doble quemador.	18
2.2.5.2. Cocinas mejoradas de una placa.....	18

2.2.5.3.	Estufas de combustión eficiente.....	18
2.2.5.4.	Estufas cohete (rocket stoves).....	18
2.2.5.5.	Hornos mejorados.....	19
2.2.5.6.	Cocinas mejoradas de ahorro de energía.....	19
2.2.5.7.	Cocinas mejoradas para uso comercial o institucional.....	19
2.2.5.8.	Cocinas mejoradas con sistemas de ventilación.....	19
2.2.6.	<i>Deforestación y Escasez de Recursos Naturales</i>	19
2.2.7.	<i>Emisiones de Gases de Efecto Invernadero</i>	20
2.3.	Definición de términos básicos.....	20
CAPÍTULO III		22
MATERIALES Y MÉTODOS		22
3.1.	Ubicación del área de estudio.....	22
3.2.	Materiales.....	22
3.2.1.	<i>Material Experimental</i>	22
3.2.2.	<i>Materiales de Campo</i>	23
3.3.	Tipo y diseño de investigación.....	23
3.4.	Ubicación de los puntos de control.....	24
3.5.	Descripción de la Metodología.....	26
CAPÍTULO IV		33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		33
4.1.	Consumo de leña de <i>Eucalyptus globulus</i> en la cocina mejorada y en la cocina a fogón.....	33
4.1.1.	<i>Promedio de las Repeticiones</i>	35
4.2.	Consumo de leña de <i>Eucalyptus globulus</i> en la cocina mejorada.....	39
4.2.1.	<i>Promedio de las Repeticiones</i>	39
4.3.	Consumo de leña de <i>Eucalyptus globulus</i> en fogón.....	43
4.3.1.	<i>Promedio de las Repeticiones</i>	43
4.4.	Tiempos de cocción del maíz (<i>Zea mays</i>) con el uso de las cocinas mejoradas y el fogón.....	47
4.4.1.	<i>Promedio de las Repeticiones</i>	47
4.5.	Cálculo de la deforestación de <i>Eucalyptus globulus</i> (ha/año), mediante el uso de las cocinas mejoradas versus las cocinas de fogón.....	50
4.5.1.	<i>Desarrollo de Cálculos</i>	50
4.5.5.	<i>Resultados de Deforestación</i>	54

4.5.6. <i>Análisis de Sensibilidad</i>	55
4.5.7. <i>Validación con Literatura Científica</i>	55
4.5.8. <i>Implicaciones Ambientales y Socioeconómicas</i>	56
4.5.9. <i>Limitaciones del Estudio</i>	56
4.6. <i>Análisis estadístico</i>	57
4.6.1. <i>Prueba de “T” de Student</i>	57
4.6.1.1. Consumo de leña.....	57
4.6.1.2. Medias para muestras emparejadas.....	60
4.6.2. <i>Prueba de correlación</i>	62
4.6.3.1. Correlación para la Cocina mejorada.....	62
4.6.3.2. Correlación para el Fogón.	63
CAPÍTULO V	65
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
5.1. Conclusiones	65
5.2. Recomendaciones	67
CAPÍTULO VI	67
REFERENCIAS.....	68
CAPÍTULO VII	73
ANEXOS	73
7.1. Registro fotográfico	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Criterio y tipo de investigación	23
Tabla 2 Coordenadas georreferenciadas de los puntos de control	24
Tabla 3 Resultados promedio de las 8 repeticiones: consumo de leña de Eucalyptus globulus en cocina mejorada y en la cocina a fogón.....	35
Tabla 4 Promedio total del consumo de leña de Eucalyptus globulus en cocina mejorada y fogón.....	37
Tabla 5 Resultados promedio de las 8 repeticiones: consumo de leña de Eucalyptus globulus en cocina mejorada.....	39
Tabla 6 Resultados promedio de las 8 repeticiones: consumo de leña de Eucalyptus globulus en la cocina a fogón	43
Tabla 7 Resultados promedio de las 8 repeticiones: tiempo de cocción en cocina mejorada y en la cocina a fogón	47
Tabla 8 Consumos promedio experimentales de leña de Eucalyptus globulus por tipo de cocina	50
Tabla 9 Proyección de consumos anuales de leña por familia según tipo de cocina	51
Tabla 10 Volumen equivalente de madera de Eucalyptus globulus por familia	52
Tabla 11 Superficie deforestada anual por familia según tipo de cocina	53
Tabla 12 Deforestación anual de Eucalyptus globulus por tipo de cocina (1,000 familias).	54
Tabla 13 Análisis comparativo de impacto en la deforestación según escenarios poblacionales	54
Tabla 14 Análisis de sensibilidad de la deforestación ante variaciones en parámetros clave	55
Tabla 15 Prueba de “T” de Student para Consumo de leña	57
Tabla 16 Prueba de “T” de Student para medias de dos muestras emparejadas	60
Tabla 17 Correlación cocina mejorada	62
Tabla 18 Correlación fogón	63

Tabla 19 Resultados de la 2° repetición – 17 marzo de 2025: consumo de leña de <i>Eucalyptus globulus</i> en cocina mejorada y en la cocina a fogón.	81
Tabla 20 Resultados de la 3° repetición – 01 abril de 2025: consumo de leña de <i>Eucalyptus globulus</i> en cocina mejorada y en la cocina a fogón.	82
Tabla 21 Resultados de la 4° repetición – 15 abril de 2025: consumo de leña de <i>Eucalyptus globulus</i> en cocina mejorada y en la cocina a fogón.	83
Tabla 22 Resultados de la 5° repetición – 01 mayo de 2025: consumo de leña de <i>Eucalyptus globulus</i> en cocina mejorada y en la cocina a fogón.	84
Tabla 23 <i>Resultados de la 6° repetición – 15 mayo de 2025: consumo de leña de <i>Eucalyptus globulus</i> en cocina mejorada y en la cocina a fogón.</i>	85
Tabla 24 Resultados de la 7° repetición – 01 junio de 2025: consumo de leña de <i>Eucalyptus globulus</i> en cocina mejorada y en la cocina a fogón.	86
Tabla 25 Resultados de la 8° repetición – 15 junio de 2025: consumo de leña de <i>Eucalyptus globulus</i> en cocina mejorada y en la cocina a fogón.	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación de puntos de control	25
Figura 2 Consumo promedio de leña de <i>Eucalyptus globulus</i> en cocina mejorada y fogón.....	36
Figura 3 Promedio consumo de leña de <i>Eucalyptus globulus</i> en cocina mejorada.	41
Figura 4 Promedio consumo de leña de <i>Eucalyptus globulus</i> en fogón	45
Figura 5 Promedio tiempo de cocción en cocina mejorada y en la cocina a fogón.	49
Figura 6 Ambiente donde se desarrollaron las pruebas (ejemplo).....	73
Figura 7 Cocina mejorada utilizada durante el estudio.....	74
Figura 8 Cocina tradicional (fogón).....	74
Figura 9 <i>Habilitación de la leña (biomasa) para las pruebas de campo</i>	75
Figura 10 Medición del peso de leña (biomasa) con balanza electrónica.....	75
Figura 11 <i>Medición de la olla para pruebas de PEA</i>	76
Figura 12 Área de pesado de biomasa (leña).	76
Figura 13 Puesta en marcha de las pruebas de campo – prueba PEA.....	77
Figura 14 Registro de datos durante las pruebas de campo.	77
Figura 15 Desarrollo de la prueba PEA.	78
Figura 16 Registro de datos de tiempo y temperatura durante las pruebas de campo	78
Figura 17 Registro de datos en cocina mejorada.	79
Figura 18 Registro de datos en cocina tradicional (fogón).	79
Figura 19 Culminación de la prueba PEA.	80
Figura 20 Pesado de la biomasa después de la prueba PEA	80
Figura 21 Detalle de planta y elevación.....	88
Figura 22 Detalle de cortes	89

RESUMEN

Se evaluó comparativamente el consumo de leña de *Eucalyptus globulus* entre cocinas mejoradas y fogones tradicionales en el distrito de Jorge Chávez, Celendín, durante 2024. Se realizaron mediciones experimentales en 10 puntos de control con 8 repeticiones cada uno, registrando el consumo de combustible y tiempos de cocción para la preparación de mote (*Zea mays*) bajo condiciones climáticas variables. Los resultados demuestran que las cocinas mejoradas presentan un consumo promedio de 3.056 kg de leña por lote, oscilando entre 2.949 kg y 3.183 kg según el punto de medición, mientras que los fogones tradicionales registran un consumo significativamente mayor de 4.124 kg en promedio, con un rango de 4.011 kg a 4.311 kg. Esta diferencia representa una reducción del 26 % en el uso de biomasa con las cocinas mejoradas, superando el criterio mínimo de eficiencia del 25 % establecido por SENCICO. En términos de tiempo de cocción, las cocinas mejoradas requieren aproximadamente 1 hora y 15 minutos, comparado con 1 hora y 42 minutos de los fogones tradicionales, resultando en un ahorro temporal de 27 minutos por lote. La consistencia de los resultados a lo largo de las repeticiones valida la robustez metodológica y confirma el mejor aprovechamiento energético de las cocinas mejoradas.

Palabras claves: Cocina mejorada, fogón, biomasa.

ABSTRACT

Eucalyptus globulus firewood consumption was comparatively evaluated between improved stoves and traditional stoves in the district of Jorge Chávez, Celendín, during 2024. Experimental measurements were carried out at 10 control points with 8 repetitions each, recording fuel consumption and cooking times for the preparation of mote (*Zea mays*) under variable climatic conditions. The results show that improved stoves have an average consumption of 3,056 kg of firewood per batch, ranging from 2,949 kg to 3,183 kg depending on the measurement point, while traditional stoves register a significantly higher consumption of 4,124 kg on average, with a range of 4,011 kg to 4,311 kg. This difference represents a 26% reduction in the use of biomass with the improved stoves, exceeding the minimum efficiency criterion of 25 % established by SENCICO. In terms of cooking time, improved cookers require approximately 1 hour and 15 minutes, compared to 1 hour and 42 minutes for traditional cookers, which is a temporary saving of 27 minutes per batch. The consistency of the results throughout the replications validates the methodological robustness and confirms the better energy use of the improved stoves.

Keywords: Improved cooking, stove, biomass.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Las cocinas mejoradas representan una solución clave para reducir el impacto ambiental, mejorar la salud y optimiza el uso de recursos en comunidades rurales a nivel mundial, nacional y regional. A nivel global, estas tecnologías han sido promovidas por organismos como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Alianza para Cocinas Limpias, debido a que disminuyen la deforestación y las emisiones de gases de efecto invernadero, al tiempo que reducen enfermedades respiratorias causadas por la quema de biomasa en espacios cerrados. En Perú, el gobierno y diversas ONG han impulsado la instalación de cocinas mejoradas en zonas rurales, reconociendo su importancia para la reducción de la pobreza energética y la mejora de la calidad de vida. En la región de Cajamarca, donde la cocina tradicional andina sigue siendo ampliamente utilizada, la implementación de estas tecnologías ha sido prioritaria, especialmente en comunidades altoandinas donde la leña sigue siendo el principal combustible. En comparación con la cocina tradicional andina, que suele ser abierta y sin chimenea, las cocinas mejoradas cuentan con un sistema de evacuación de humos, lo que reduce significativamente la contaminación del aire en los hogares; además, su diseño optimiza la combustión, permitiendo un uso más eficiente de la leña, lo que disminuye el esfuerzo necesario para su recolección. Aunque la cocina tradicional andina tiene un fuerte arraigo cultural y permite la preparación de alimentos en grandes cantidades, su impacto en la salud y el medio ambiente es considerablemente mayor que el de una cocina

mejorada. Por ello, la transición hacia estas tecnologías es esencial para garantizar un desarrollo sostenible en comunidades rurales, mejorando la calidad de vida de sus habitantes sin comprometer los recursos naturales. (Amaray, 2012, p. 38)

A nivel global, el uso de biomasa para cocinar sigue siendo una de las principales causas de deforestación y contaminación del aire en interiores, afectando a miles de personas, es por ello que se planteó la siguiente interrogante: ¿Cuál es el consumo en la cocina mejorada versus la cocina a fogón de leña de *Eucalyptus globulus*, en el distrito de Jorge Chávez, Celendín - 2024?

Organismos como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) han promovido tecnologías más limpias para reducir las emisiones de carbono negro y mejorar la calidad del aire, con impactos positivos en la lucha contra el calentamiento global, el cambio climático y la salud pública. En Perú, el gobierno ha implementado programas para fomentar la adopción de cocinas mejoradas, para disminuir el consumo de leña y otros combustibles sólidos que generan problemas respiratorios y cardiovasculares. En términos de salud pública, disminuir la exposición al humo de biomasa previene enfermedades como la neumonía, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y problemas cardiovasculares, mejorando la esperanza y calidad de vida de las poblaciones más vulnerables. Por ello, la transición hacia tecnologías más eficientes y sostenibles es esencial para garantizar un futuro más saludable y equilibrado. (Benilla, 2013, p.7)

Sin embargo, las costumbres y modos de cocinar tan arraigados en relación a los fogones y cocinas tradicionales hacen compleja la adopción de la cocina mejorada. Desde esta perspectiva, tan importante como ofrecer una tecnología de calidad, es la información, educación y acompañamiento a los usuarios del distrito de Jorge Chávez que facilite el proceso de adopción de

la nueva tecnología para, de esta manera, evitar que retomen el uso del fogón o la cocina tradicional. Se plantearon los siguientes objetivos:

Determinar en la cocina mejorada y en la cocina a fogón el consumo de leña de *Eucalyptus globulus*, en el distrito de Jorge Chávez, Celendín -2024. Objetivos específicos: a) Determinar en la cocina mejorada el consumo de leña de *Eucalyptus globulus*; b) determinar en la cocina a fogón el consumo de leña de *Eucalyptus globulus*; c) Determinar los tiempos de cocción del mote de maíz choclero (*Zea mays*) con el uso de las cocinas mejoradas y el fogón en el distrito de Jorge Chávez, Celendín – 2024 y d) Calcular la deforestación de *Eucalyptus globulus* (ha/año), mediante el uso de las cocinas mejoradas versus las cocinas de fogón.

Teniendo como hipótesis, el consumo de leña de *Eucalyptus globulus* en la preparación de mote de maíz choclero (*Zea mays*), mediante el uso de las cocinas mejoradas, reducen en el 50 % respecto a las cocinas a fogón.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes

Según López Cardoso (2020) en su diseño y construcción de una cocina mejorada portátil, elaboró la cocina Zofoncito CPC que cuenta con planos de diseño que se elaboraron en AutoCAD detallando sus dimensiones de 36 cm de altura y 33 cm de diámetro, cuenta con una cámara de combustión cilíndrica y de acuerdo al protocolo evaluación la Prueba de Hervor de Agua (WBT), la cocina Zofoncito CPC califica como buena dando un indicador 3 en emisiones de interiores (CO y PM_{2.5}), eficiencia energética de 57 %, consumo de biomasa de 9.754,27 Kj/5L y tiempo de hervor de agua de 34,4 min. De acuerdo a estos resultados obtenidos a partir de su evaluación la cocina Zofoncito CPC está lista para su implementación. La biomasa se sometió a pruebas por dos métodos de referencia, de acuerdo a la Norma ASTM D4442 y el Medidor de Humedad, que mediante el análisis estadístico de hipótesis de varianzas de acuerdo al estadístico de Fisher y a la hipótesis de medias donde se analizó el estadístico de T de Student. Ambos métodos se realizaron de manera manual mediante fórmulas y fueron validadas por el Software estadístico Minitab. Donde los valores de humedad obtenidos para la biomasa empleada (*Pinus Ponderosa*) fueron de 8,50 % de acuerdo a la Norma ASTM D4442) y 8,81 % por el Medidor de Humedad; mediante análisis estadístico se afirmó con un 98% de confiabilidad que no existe evidencia estadística para

rechazar los valores obtenidos, y que se puede tomar decisiones con validez estadística para la selección de ambos métodos (p.6).

Como dicen Sánchez Jacob et al. (2019) desarrollaron la promoción de cocinas mejoradas de leña en las montañas Usambara Este, Tanzania”, donde mencionan que en el 2030 un acceso universal a cocinas limpias y asequibles es una de las metas de los objetivos de desarrollo sostenible. ONGAWA – Ingeniería para el Desarrollo Humano ha desarrollado un proyecto en el entorno de las montañas Usambara Este de Tanzania que ha conseguido la instalación de 2000 cocinas mejoradas con chimenea suponiendo un ahorro del consumo de leña y una mejora de la calidad del aire interior de las viviendas, además de una disminución de la presión sobre el bosque circundante a la reserva natural de Amani. La introducción de cocinas eficientes con chimenea ha supuesto un ahorro del uso de leña y una mejora de la calidad del aire sustancial, lo que mejora la presión sobre el bosque y reduce el tiempo de recogida de leña y cocinado. El grado de aceptación y satisfacción de las usuarias con las nuevas cocinas es alto (p.11).

También Ferriz Bosque (2018) aplicó el empleo del co-diseño para la mejora de la sostenibilidad en comunidades rurales: desarrollo de cocinas mejoradas en México. Los resultados muestran que el comportamiento teórico y experimental del modelo de tres chaflanes es mejor que el que presenta el modelo de la tobera, siendo importante remarcar que los resultados no mostraron grandes diferencias entre ambos modelos. El empleo de herramientas basadas en la metodología Design Thinking para la co-creación en el desarrollo de cocinas mejoradas de este proyecto ha demostrado la importancia de la valoración y opiniones del usuario en el mismo. Los criterios técnicos establecidos en este modelo de trabajo permitieron analizar la información obtenida de forma clara, por lo que definir unos criterios del usuario de manera semejante facilitaría todo el

proceso de diseño mucho más para proyectos futuros, y su empleo evitaría el abandono que en ocasiones sufren este tipo de proyectos (p.7).

A su vez Medina Mendoza (2017) realizó la evaluación de la contribución de emisiones y de los parámetros de rendimiento de las estufas eficientes de leña mediante los protocolos WBT/CCT y durante ciclos de cocinado controlado. Utilizó la Prueba de Ebullición de Agua (WBT, por sus siglas en inglés) para evaluar la contribución de emisiones de monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM 2.5) así como los parámetros de rendimiento de 5 estufas tipo plancha y un fogón de 3 piedras (TSF, por sus siglas en inglés) en condiciones de laboratorio. Por otra parte, se aplicó la Prueba de Cocinado Controlada (CCT, por sus siglas en inglés) para comparar el desempeño de la estufa Patsari® y un fogón en forma de U (U- type, por su nombre en inglés) durante el cocinado de seis alimentos típicos de la región rural de Michoacán, México. Finalmente, se diseñó un ciclo de cocinado controlado (CBC, por sus siglas en inglés) para evaluar el desempeño de la estufa Patsari® en relación al U-type y TSF mediante diferentes niveles de comparación. Los resultados de la prueba WBT mostraron que las cinco IWS evaluadas presentan una reducción significativa de emisiones de CO y PM_{2.5} en relación al TSF. En la fase de alto poder, la estufa ONIL® presentó la mayor reducción de CO con 67 % ($p < 0.01$, $\alpha = 0.05$); mientras que la estufa Patsari presentó una reducción del 52 % ($p = 0.02$, $\alpha = 0.05$) en emisiones totales de PM_{2.5}. En la fase de baja potencia, las mayores reducciones se observaron en la Ecostufa (67 % para CO, $p = 0.01$, $\alpha = 0.05$) y en la estufa ONIL (63 % para PM_{2.5}, $p < 0.01$, $\alpha = 0.05$). Por otra parte, los resultados de la prueba CCT mostraron que el rendimiento de la estufa Patsari en relación al U-type depende de las características de cocinado de las diferentes tareas y del uso eficiente tanto de la superficie de transferencia como de la potencia de cocinado lo cual se traduce en una variación en términos de consumo de combustible, tiempos de cocinado y contribución de

emisiones de CO y PM_{2.5}. Los resultados del CBC mostraron que la estufa Patsari presentó una reducción de emisiones de CO y de PM_{2.5} con 78 % ($p < 0.01$, $\alpha = 0.01$) y 74 % ($p < 0.01$, $\alpha = 0.01$), respectivamente; y ahorros de consumo de combustible del 40 % ($p < 0.01$, $\alpha = 0.01$) en comparación con el TSF (p.6).

Según Reyes Aguilera et al. (2015) evaluaron las cocinas mejoradas tipo CETA híbrida, dentro del marco del programa terrena, en comunidades vulnerables del departamento de Jinotega (2015); el objetivo principal de esta investigación es evaluar las cocinas mejoradas tipo CETA Híbrida, implementadas en comunidades de Jinotega, sus impactos en las condiciones de vida de sus usuarios y el medio ambiente. Es una investigación cuantitativa según su enfoque, con un nivel de profundidad según su tipología: exploratoria, descriptiva y correlacional. La muestra del estudio es probabilística, 36 cocinas mejoradas y 36 familias. Los instrumentos utilizados fueron: la encuesta basada en un cuestionario estructurado, prueba controlada de cocinado para medir el rendimiento de la cocina mejorada, se instalaron equipos de medición de partículas y monóxido de carbono. Los resultados obtenidos muestran que las cocinas mejoradas contaminan menos el interior de las viviendas que las cocinas tradicionales, debido a la eficiencia y al diseño con chimenea de las cocinas mejoradas, consumen menos leña, menor tiempo en la cocción, disminuyen las enfermedades respiratorias, las cocinas mejoradas sin chimenea contaminan más que las tradicionales. Se concluye que el uso de estas cocinas es más eficiente que las tradicionales debido a su diseño y mayor concentración de calor en la cámara de combustión, menor despale de bosques y además debido a no darle seguimiento al proyecto la mayoría de estas cocinas están deterioradas (p.12).

Además, Ramírez Quirama y Taborda Vergara (2014) analizaron el consumo de leña en fogones tradicionales en familias campesinas del oriente antioqueño. Estimaron el consumo de

leña en fogones tradicionales por núcleos familiares, per cápita y tiempo de cocción para la preparación de alimentos en familias campesinas, y evaluar algunas problemáticas ambientales. El trabajo se realizó en los municipios de Abejorral, Argelia, Nariño y Sonsón, donde se seleccionaron un total de 108 familias campesinas, que utilizaran fogones de leña tradicional para preparar su alimentación. Las familias fueron visitadas durante un día; realizando un censo de consumo de leña por familia y por persona, se identificó la especie forestal; se cuantificó el tiempo de cocción en horas que se gasta una familia en preparar los alimentos en un día; número de individuos por núcleo familiar. En la región se liberan a la atmósfera 250 toneladas/día de carbono. En promedio cada persona y cada familia emiten 6.09 y 29.8 kg/día respectivamente, en un lapso de $7:51'' \pm 20''$ horas. En promedio las familias están integradas por 5 ± 0.36 personas. La especie vegetal que más utiliza leña es *Cupressus lusitánica*. El consumo de leña era proporcional al tamaño de la familia. Conclusión. Los sistemas tradicionales son altamente contaminantes y las emisiones pueden incluso ser mayores a las producidas por una persona o familia en la ciudad, por lo que se deben explorar alternativas como cocinas más eficientes (p.16).

También Wong Copaja et al. (2022) implementaron las Cocinas Mejoradas a Leña y la Disminución de Gases de Efecto Invernadero (GEI): con el objetivo de cuantificar la contribución en la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) se realizó dos estudios utilizando la metodología de la Prueba de Desempeño de la Cocina (KPT) en 10 departamentos, estimándose que el potencial de reducción es mayor a 1,623 Mt (CO₂eq), con el cual la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) es al 17 % (CO y CO₂). En 10 años la reducción estimada es de: 10 125 324 t (CO₂eq) a 7 363 872 t (CO₂eq), se concluye que la contribución en la reducción es de 2 761 452 t (CO₂eq), la disminución de consumo de leña de 1

217 368,80 t a 608 684,40 t (50 %), atribuyéndose los cobeneficios a la salud de las familias rurales dedicados a la agricultura de subsistencia (p.2).

Como menciona López San Martín (2022) que realizó el aporte de un sistema dendroenergético optimizado de cocción a la mitigación del cambio climático y la conservación de los bosques”. Este trabajo de suficiencia profesional tuvo como objetivo general describir y analizar la aportación de un proyecto de cocinas mejoradas a la mitigación del cambio climático y conservación de una plantación en la provincia de Dos de Mayo en la región Huánuco. Los resultados de este análisis demostraron que una cocina mejorada es más eficiente en 39,8 por ciento en comparación a un fogón tradicional, resultado aceptable dentro del parámetro mínimo requerido por SENCICO igual a 40 por ciento. Asimismo, se determinó que este sistema mejorado reduce un total de 2,3 TCO₂ eq/año, siendo más eficiente que un biodigestor doméstico que reduce 1,9 T CO₂ eq/año. Por último, se complementó el cálculo de árboles no talados de una plantación de *Eucalyptus globulus* por el uso de una cocina mejorada, el resultado demostró que las emisiones reducidas de esta tecnología equivalen a conservar 233 árboles (p.12).

A su vez Ramírez Etene (2019) realizó el aporte de un sistema dendroenergético optimizado de cocción a la mitigación del cambio climático y la conservación de los bosques”. El trabajo que se realizó en el Centro Poblado de Mazán tuvo como objetivo general la evaluación de impacto socio ambiental producido por el uso de leña en cocinas mejoradas y como objetivos específicos; determinar la cantidad de dióxido de carbono emitido y evaluar cualitativamente los impactos socio ambientales producidos por el uso de leña en cocinas mejoradas. En la investigación se seleccionaron 50 familias que utilizaban cocinas mejoradas para preparar sus alimentos, las cuales fueron visitadas durante el periodo de un mes, que aplicando una encuesta socio económica y el pesaje de la leña que emplean para la cocción de sus alimentos permitió determinar la cantidad de

emisión de dióxido de carbono. Se aplicó la matriz de Leopold para evaluar los impactos que se presentan al realizar el uso de la leña en cocinas mejoradas. Obteniendo como resultado que en el Centro Poblado de Mazán se libera un aproximado de 25.62 kg de dióxido de carbono a la atmosfera. En promedio cada familia consume 14 kg de leña al día, y la cantidad de emisión de dióxido de carbono emitida tras la combustión de la leña por el uso de cocinas mejoradas depende del total de tiempo de cocción de los alimentos y condición física de la leña a usar, cuanto más delgado, seco y pequeño se encuentre, se consumirá con mayor velocidad y los impactos producidos son significativos beneficiosos para los usuarios (p.9).

Según Quino Villanueva y Torres Muro (2019) realizaron la cocina mejorada con horno e intercambiador de calor para calentar agua en zonas rurales y alto andinas. Se diseñó, construyó y evaluó una cocina mejorada con horno e intercambiador de calor, para cocinar y calentar agua para uso doméstico en zonas rurales y alto andinas de la región Tacna con la finalidad de coadyuvar a la solución de problemas como la combustión deficiente y excesivo consumo de leña, emisión de contaminantes, problemas de salud y la falta de agua caliente para uso doméstico. Se han usado materiales del mercado local y nacional, los equipos de medición y recolección de datos fueron proporcionados por el CERT y para la evaluación se utilizó agua como sustancia de trabajo y leña de la zona como combustible. Se analizó el comportamiento térmico del agua a través del tiempo para determinar la eficiencia del sistema, mediante dos procedimientos experimentales y se elaboraron gráficos para cada caso. Los resultados esperados fueron corroborados a partir de los datos experimentales y las eficiencias superan el 47 % y 50 % respectivamente (p.37).

También Pérez Ramos (2017) analizó la implementación de la política de cocinas mejoradas a leña y la incidencia en el mejoramiento de las condiciones de vida en usuarios rurales del distrito de Huaricolca, Tarma 2017”. El objetivo general de nuestra investigación es conocer, en qué

medida la implementación de Cocinas Mejoradas a leña por FONCODES, contribuye a mejorar las condiciones de vida de los usuarios rurales de Huaricolca; para luego proponer la implementación del programa, materializar la ejecución de las actividades e intervenir eficientemente con la población usuaria rural en un clima de confianza y seguridad. La investigación es de tipo cualitativo, por su naturaleza inquisitiva, analítica y de carácter exploratorio, nos ha permitido describir, conocer, analizar y comprender las diversas circunstancias de interacción social producidas entre el equipo técnico de FONCODES y los usuarios rurales del distrito de Huaricolca en diversas dimensiones; han sido las entrevistas estructuradas, la observación directa, junto a las notas de campo dentro de la comunidad, la que nos han permitido recoger datos, para luego enfatizar en los procesos y resultados (p.2).

También Villacorta Regalado (2020) determinó las características de la oferta, demanda y factores que influyen en la comercialización de leña en la ciudad de Bambamarca, Cajamarca. Se aplicaron encuestas, entrevistas y la observación directa. Se determinó que para las familias que se dedican a la producción y comercialización de leña, esta actividad constituye su principal fuente de ingresos económicos; su ingreso promedio por este concepto es de 419 soles mensuales. En Bambamarca se consumen un total de 88 885 cargas de leña/año. Este consumo se distribuye del siguiente modo: 20176 cargas (22,7 %) en 28 panaderías, 4212 cargas (4,7 %) en 33 restaurantes y 64 497 cargas (72,6 %) en 3 046 familias. Las fuentes de leña son 34 especies vegetales arbóreas (19) y arbustivas (15), distribuidas en 25 familias botánicas y 29 géneros. Las familias más representativas fueron *Compositae*, *Ericaceae*, *Myrtaceae* (3 especies cada una). Cuatro especies fueron cultivadas y el resto (30) silvestres. 3 especies están en peligro crítico y 1 especie en estado vulnerable. Las cuatro principales localidades de producción/recolección de leña fueron La Ramada con 303 (24,53 %) cargas de leña/semana, Apan con 90 (7,29 %) cargas de leña/semana,

Naranjo con 75 (6,07 %) cargas de leña/semana, Chala Alán con 65 (5,26 %) cargas de leña/semana. El factor principal de la demanda de leña en las panaderías, restaurantes y familias es el bajo precio porque resulta más económico comprar leña que usar combustibles fósiles (p.5).

Según Remaycuna Alberca (2019) realizó el estudio de la capacidad calorífica de la especie forestal más utilizada como combustible en las comunidades campesinas de Piruro y San Miguel de Pangoray del distrito de Lajas – Chota – Cajamarca. Este trabajo tiene como objetivo principal evaluar el valor del poder calorífico del recurso energético del *Eucalyptus globulus* para poder recomendar la reforestación de esta especie. Se utilizó la formula cálculo tamaño de muestra finita, para determinar el tamaño de muestra de la población de cada comunidad la cual luego fue encuestada, se analizó los datos de la encuesta y se obtuvo el volumen de leña promedio consumido por familia/día. Como resultados se obtuvo que la preferencia de especies forestales energéticas para ser utilizada como leña por parte de los campesinos fue *Eucalyptus globulus* con un 75.00% de preferencia. Se concluye que la especie más usada en ambas comunidades es el *Eucalyptus globulus* por su alto poder calorífico (p. 6).

Como dice Gomero Quinto (2015) quien analizó el efecto del uso de cocinas mejoradas en la salud de los niños del distrito de “Huasmín” – Celendín – Cajamarca. El Objetivo del presente estudio fue determinar el efecto del uso de cocinas mejoradas en la salud de los niños del distrito de Huasmín, provincia de Celendín, departamento de Cajamarca, mediante el diseño de un estudio cuasi experimental con 40 casos. Los resultados del presente estudio determinan que la disponibilidad de Saneamiento Básico es de 45 % en las familias que cuentan con cocinas mejoradas y de 37, 5 % en las familias que cuentan con cocinas tradicionales, así también que el tiempo medio de encendido de una cocina mejorada es de 11.7 minutos y el de una cocina tradicional de 13.3 minutos, utilizando más leña en el desayuno y en la cena con el uso de esta

última, siendo la percepción de limpieza (producción de humo, facilidad de limpieza, acumulación de hollín) del 74 % en el uso de las cocinas mejoradas y de 34 % en el uso de las cocinas mejoradas y finalmente las familias que usan cocinas mejoradas tienen menos problemas de salud que las que usan cocinas tradicionales. Con el empleo de las cocinas mejoradas se ahorra más tiempo, su limpieza es fácil, se consume menos leña, se tienen menos problemas de salud que empleando las cocinas tradicionales (p.11).

A su vez Álvarez (2011) construyó y evaluó cinco prototipos de cocinas mejoradas (adobe, cámara tipo “Rocket/L”) con combustible a base de leña y, en menor proporción, bosta. El trabajo combina diseño experimental y pruebas estándar de rendimiento (Test Estándar de Ebullición / KPT), midiendo eficiencia térmica, potencia, ahorro de combustible y emisiones (CO interior). El prototipo final seleccionado alcanzó una *eficiencia térmica cercana al 30 %*, potencia promedio de 2.93 kW y *ahorro de combustible de 42 %* respecto a una cocina tradicional; además, las emisiones internas de monóxido de carbono medidas promediaron 3.9 ppm en las pruebas seleccionadas. El análisis energético incluye balances que documentan pérdidas por paredes y gases calientes (40,6 % y 29,4 % de la energía entregada por la llama), lo que motiva líneas de trabajo sobre aislamiento y recuperación de gases para mejorar rendimiento. Este estudio aporta evidencia técnica aplicada: dimensiones óptimas (distancias entre lecho de combustible y olla), configuración de cámara y recomendaciones de modificación para transferencias por radiación y convección. Para tesis que comparan consumo con fogón tradicional, estos valores técnicos (eficiencia y ahorro) sirven como referencia experimental replicable en contextos altoandinos donde Eucalyptus es combustible habitual (p.12).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Consumo de leña en Perú

El 17,3 por ciento de los hogares del país, que equivale a 1 millón 428 mil 856 hogares usan exclusivamente leña para cocinar sus alimentos. Los departamentos que usan este combustible con más del 30% de hogares se encuentran en: Cajamarca (56,2 por ciento), Huancavelica (49,3 por ciento), Amazonas (47,0 por ciento), Apurímac (46,2 por ciento), Huánuco (44,5 por ciento), Loreto (41,2 por ciento), Ayacucho (38,5 por ciento), Áncash (36,4 por ciento) y San Martín (31,7 por ciento). (p.21) (INEI, 2017, citado por Sánchez Saldaña, 2014, p.17).

2.2.2. Fogones tradicionales: consumo de leña

Los fogones tradicionales son cocinas que van desde su diseño más simple llamado “fogón tres piedras” que es de fácil construcción y los materiales están disponibles en casi cualquier lugar por lo que son fáciles de obtener, hasta aquellos que han sido modificados por las mismas familias para la mejora de su combustión.

Estos fogones pueden alcanzar una conversión del 90 % del poder calórico de la madera, pero solo una proporción pequeña de este, que va del 10 al 40 por ciento, llega a la olla (Ramírez et al., 2014).

2.2.3. Cocina mejorada

Una cocina mejorada se refiere a una cocina que ha sido diseñada o modificada para mejorar su funcionalidad, eficiencia, seguridad o estética. Estas mejoras pueden variar desde pequeñas actualizaciones hasta remodelaciones completas.

Una cocina mejorada con biomasa se refiere a una cocina que utiliza fuentes de energía renovable y sostenible, como la biomasa, para cocinar y calentar alimentos (Gorritty Portillo, 2014, p.41).

Según López Cardozo (2020) se clasifican en:

2.2.3.1. Estufas y hornos de biomasa.

Estas son cocinas diseñadas específicamente para quemar biomasa de manera eficiente y controlada. Pueden ser tanto para uso doméstico como comercial. Existen variedades que utilizan pellets de madera, astillas de madera u otros tipos de biomasa (p.28).

2.2.3.1. Sistemas de calefacción de agua con biomasa.

Además de cocinar, algunos sistemas de biomasa están diseñados para proporcionar calefacción de agua para usos domésticos como duchas y lavado de manos.

2.2.3.3. Sistemas de generación de electricidad con biomasa.

Algunas cocinas mejoradas con biomasa están conectadas a sistemas que convierten el calor generado por la quema de biomasa en electricidad.

2.2.3.4. Hornos de panadería y secadores de alimentos.

En entornos rurales o comunitarios, se pueden usar hornos y secadores de biomasa para procesar alimentos a nivel local (p.29).

2.2.4. *Ventajas de las cocinas mejoradas*

Según Muñoz Zegarra (2008):

2.2.4.1. Eficiencia energética.

Las cocinas mejoradas a leña están diseñadas para quemar la leña de manera más eficiente, lo que significa que aprovechan mejor la energía contenida en la biomasa y reducen el desperdicio.

2.2.4.2. Reducción de emisiones.

Al quemar la leña de manera más eficiente, estas cocinas producen menos humo y emiten menos contaminantes atmosféricos, como partículas finas y compuestos orgánicos volátiles.

2.2.4.3. Menor consumo de combustible.

Debido a su mayor eficiencia, las cocinas mejoradas a leña requieren menos leña para cocinar la misma cantidad de alimentos, lo que puede resultar en ahorros significativos en combustible (p.64).

2.2.4.4. Mejora en la calidad del aire interior.

Al reducir las emisiones de humo y contaminantes, estas cocinas contribuyen a un ambiente interior más limpio y saludable, lo que es especialmente importante en áreas donde la cocción a leña es común.

2.2.4.5. Reducción de la deforestación.

Al necesitar menos leña para cocinar, se reduce la presión sobre los bosques y se contribuye a la conservación de los recursos naturales.

2.2.4.6. Mayor seguridad.

Las cocinas mejoradas a leña suelen estar diseñadas con características de seguridad, como aislamiento térmico, para reducir el riesgo de quemaduras y accidentes durante el proceso de cocción (p.66).

2.2.4.7. Mayor durabilidad y resistencia.

Estas cocinas suelen estar construidas con materiales más resistentes y duraderos, lo que significa que pueden durar más tiempo y requerir menos mantenimiento que las cocinas tradicionales.

2.2.4.8. Posibilidad de combinación con sistemas de ventilación.

Las cocinas mejoradas a leña pueden ser diseñadas para ser utilizadas en conjunto con sistemas de ventilación que evacúen el humo al exterior, mejorando aún más la calidad del aire interior.

2.2.4.9. Adaptabilidad a diversas necesidades y usos.

Existen diversos diseños de cocinas mejoradas a leña que se adaptan a diferentes contextos, como cocinas de uso doméstico, comerciales o comunitarias.

2.2.4.10. Beneficios para la salud.

Al reducir la exposición al humo y contaminantes, estas cocinas pueden contribuir a una mejora en la salud respiratoria de quienes las utilizan. Es importante destacar que la implementación efectiva de cocinas mejoradas a leña requiere una planificación cuidadosa, capacitación de los usuarios y una consideración de las necesidades y recursos locales. Sin embargo, cuando se utilizan correctamente, estas

cocinas pueden ofrecer una serie de beneficios significativos para las comunidades (p.67).

2.2.5. Tipos de cocinas mejoradas

Según SENCICO (2009) Existen varios tipos de cocinas mejoradas diseñadas para optimizar la eficiencia y reducir la contaminación en comparación con las cocinas tradicionales. Tipos comunes de cocinas mejoradas a leña:

2.2.5.1. Cocinas mejoradas de doble quemador.

Estas cocinas tienen dos quemadores y están diseñadas para permitir la cocción simultánea de varios platos. Son adecuadas para hogares donde se cocina en grandes cantidades.

2.2.5.2. Cocinas mejoradas de una placa.

Son cocinas más pequeñas con un solo quemador, ideales para hogares con necesidades de cocción más modestas o para situaciones donde el espacio es limitado (p.16).

2.2.5.3. Estufas de combustión eficiente.

Estas estufas están diseñadas para quemar leña de manera más completa y eficiente, reduciendo al mínimo las emisiones de humo y gases nocivos.

2.2.5.4. Estufas cohete (rocket stoves).

Son estufas de diseño eficiente que maximizan la eficiencia de combustión al utilizar una cámara de combustión secundaria. Esto reduce significativamente las emisiones y el consumo de leña.

2.2.5.5. Hornos mejorados.

Los hornos mejorados están diseñados para cocinar de manera más eficiente que los hornos tradicionales, utilizando una variedad de combustibles, incluyendo la leña (p.17).

2.2.5.6. Cocinas mejoradas de ahorro de energía.

Estas cocinas están diseñadas con características adicionales para maximizar la eficiencia energética, lo que incluye mejor aislamiento, distribución uniforme del calor y quemadores más eficientes.

2.2.5.7. Cocinas mejoradas para uso comercial o institucional.

Diseñadas para entornos donde se preparan grandes cantidades de alimentos, como restaurantes, comedores escolares y hospitales. Son más grandes y están equipadas con características adicionales para adaptarse a las necesidades de un entorno de cocina a gran escala.

2.2.5.8. Cocinas mejoradas con sistemas de ventilación.

Estas cocinas están equipadas con sistemas de ventilación mejorados que ayudan a evacuar el humo y los gases al exterior, mejorando la calidad del aire interior (p.18).

2.2.6. *Deforestación y escasez de recursos naturales*

El uso de leña como fuente de combustible en cocinas rurales puede llevar a la deforestación y a la sobreexplotación de los recursos naturales locales. Esto puede tener impactos negativos en el ecosistema y en la disponibilidad de madera y biomasa para otros usos (Remaycuna Alberca, 2019, p.18).

2.2.7. *Emisiones de gases de efecto invernadero*

La quema de biomasa en cocinas tradicionales contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que puede tener un impacto en el cambio climático (Gómez Cortéz, 2014, p.51).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. *Biomasa*

La biomasa se refiere a la materia orgánica de origen vegetal o animal que puede ser utilizada como fuente de energía. Esta materia orgánica puede ser renovable y se deriva de materiales como madera, residuos agrícolas, estiércol, algas y otros tipos de materiales biodegradables. La biomasa puede ser transformada en diferentes formas de energía, como calor, electricidad o biocombustibles (Chávez Chávez, 2017, p.63).

2.3.2. *Biocombustible*

Los biocombustibles son combustibles derivados de fuentes biológicas, como plantas, algas y materiales orgánicos. Estos se utilizan como alternativas a los combustibles fósiles, como el petróleo crudo y el gas natural, y pueden ser utilizados en una variedad de aplicaciones, desde el transporte hasta la generación de electricidad y la calefacción (Villanueva Rojas, 2005, p.38).

2.3.3. *Temperatura*

La temperatura es una medida de la cantidad de calor presente en un objeto o en un entorno específico. Se relaciona con la energía cinética de las partículas que componen ese objeto o sustancia. Existen varias escalas de temperatura, pero las dos más comunes son Celsius (°C) y Fahrenheit (°F) (Fernández Suárez, 2006, p.16).

2.3.4. *Poder Calórico*

El poder calórico se refiere a la cantidad de energía liberada por unidad de masa cuando un combustible se quema completamente. Se mide típicamente en unidades de energía por unidad de masa, como julios por gramo (J/g) o kilocalorías por gramo (kcal/g) (Flores Santana, 2017, p.56).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio

El desarrollo de la investigación se realizó en el distrito de Jorge Chávez ubicado a 2624 msnm, viendo las condiciones meteorológicas llegando a una temperatura mínima de 10 °C por las noches y a 23 °C máximo que se presenta al medio día; el caserío de Macas, que está ubicado a 2589 msnm, llegando a una temperatura mínima por las noches de 10 °C por las noches, frente 25 °C como máximo que se puede presentar al medio día. Todos estos caseríos pertenecientes al Distrito de Jorge Chávez Provincia de Celendín, Departamento de Cajamarca.

3.2. Materiales

3.2.1. *Material experimental*

- Cantidad en volumen de leña *Eucalyptus globulus* utilizada para la cocción de mote de maíz choclero (*Zea mays*).
- Cocinas del tipo mejorada (Inkawasi Pichqa)
- El tradicional fogón de 3 piedras.

3.2.2. *Materiales de campo*

- Formato para registro de datos de campo.
- Plumón indeleble.
- GPS: Marca: Garmin/ Modelo: Inreach explorer.
- Cámara fotográfica Canon Eso T7.
- Cronómetro digital.
- Balanza electrónica de 30 kg $\pm$ 5 g de rango.
- Mascarilla de media cara.
- Protección ocular – lentes Google.
- Guantes de cuero grueso.
- Tenaza, espátula.
- Ollas de aluminio, modelos Súper Perol y Perol clásico en tamaños de Ø 30 cm (14.1 litros) y Ø 20 cm (4 litros) respectivamente.

3.3. Tipo y diseño de investigación

Tabla 1

Criterio y tipo de investigación

Criterio	Tipo de Investigación
Finalidad	Aplicativa
Entrega o enfoque teórico metodológico	Cuantifica
Método	Deductiva
Control en el diseño de la prueba	No Experimental

Temporalidad	Transversal
Nivel	Descriptivo
Investigación disciplinaria	Multidisciplinaria

Fuente: Bunge (1972) y Veytes (2004)

3.4. Ubicación de los puntos de control

Se consideró diez puntos de control (10), los cuales han sido determinados previamente en coordinación con la familia del distrito de Jorge Chávez, elegidas de manera aleatoria en el área de estudio, a cada familia se le asignará un código de identificación: P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10; los que cuentan con las siguientes coordenadas:

Tabla 2

Coordenadas georreferenciadas de los puntos de control

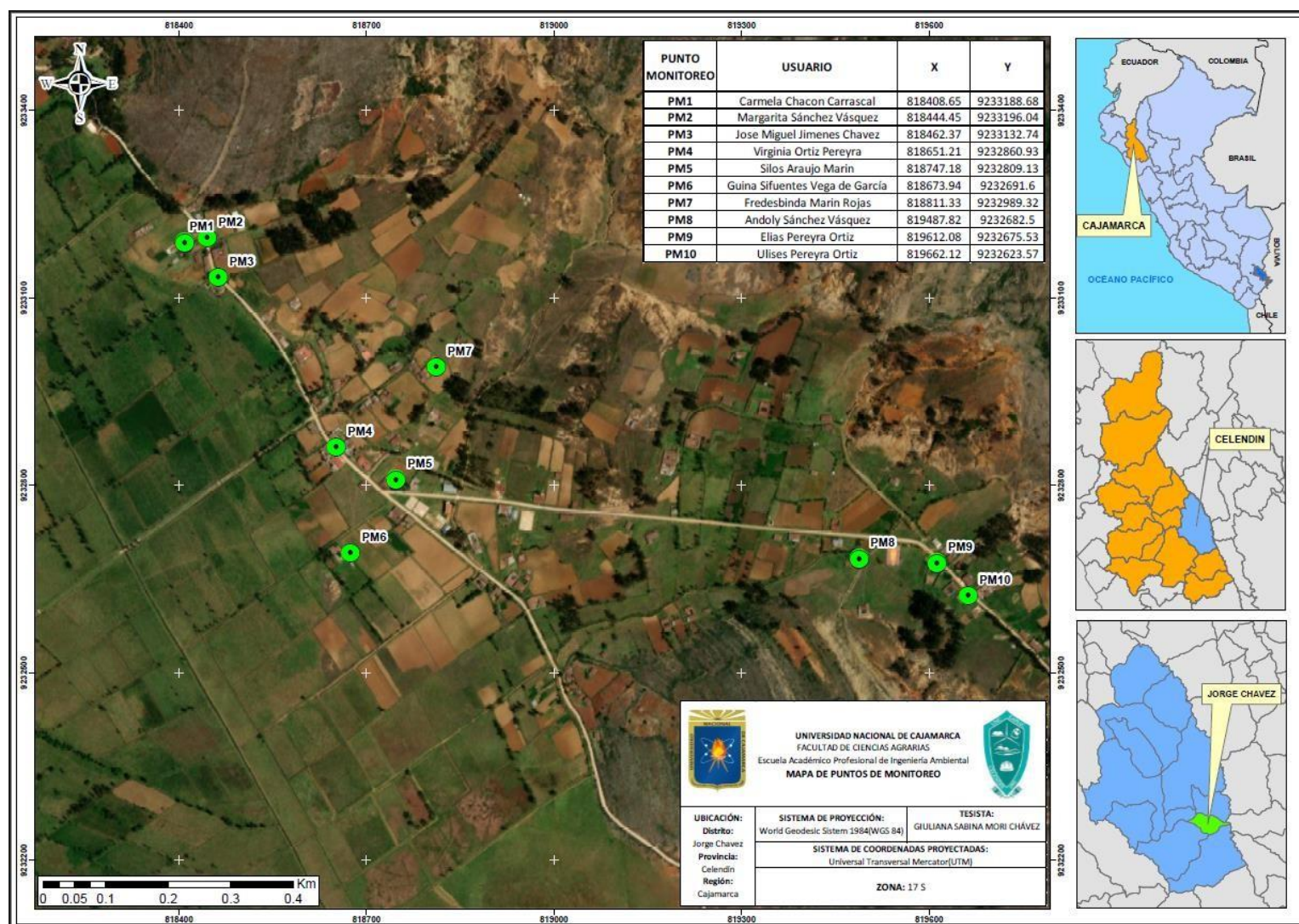
Puntos de control			
Puntos	Usuario	Coordenadas	
		Este	Norte
P1	Carmela Chacón Carrascal	818408.65	9233188.68
P2	Margarita Sánchez Vásquez	818444.45	9233196.04
P3	José Miguel Jiménez Chávez	818462.37	9233132.74
P4	Virginia Ortiz Pereyra	818651.21	9232860.93
P5	Silos Araujo Marín	818747.18	9232809.13
P6	Guina Sifuentes Vega de García	818673.94	9232691.6
P7	Fredesbinda Marín Rojas	818811.33	9232989.32

P8	Andoly Sánchez Vásquez	819487.82	9232682.5
P9	Elías Pereyra Ortiz	819612.08	9232675.53
P10	Ulises Pereyra Ortiz	819662.12	9232623.57

Se consideraron diez (10) puntos de control, con dos (2) tipos de cocina: mejorada y fogón, con 8 repeticiones, frecuencia quincenal, durante cuatro (4) meses de evaluación.

Figura 1

Mapa de ubicación de puntos de control



3.5. Descripción de la metodología

3.5.1. *Concientización a los usuarios*

Antes de desarrollar las actividades, se llevó a cabo una reunión de coordinación y concientización a cerca de las acciones propuestas para la ejecución del trabajo de investigación, con la participación de los usuarios de las diez viviendas seleccionadas para el presente estudio. Así también se mostraron las bondades y repercusión ambiental que traerá el uso de las cocinas mejoradas con respecto a las cocinas tradicionales.

3.5.2. *Habilitación de cocinas*

Una vez conocidas las actividades por parte de los usuarios involucrados en el presente estudio de investigación, se procedió a la habilitación y acondicionamiento de las cocinas tradicionales (fogón), teniendo en consideración que los usuarios actualmente ya cuentan con las cocinas mejoradas implementadas por el proyecto “Acceso de hogares rurales con economías de subsistencias a mercados locales” de FONCODES, para tal fin se instaló una cocina tradicional de tres piedras grandes a una distancia de tres metros para poder realizar las comparaciones y pruebas que ameritaba el trabajo de investigación. Este proceso se llevó a cabo de manera progresiva en los diversos puntos de control, para ello se tuvo en cuenta la disposición del material necesario para dicha actividad.

3.5.3. *Metodología para el cálculo de la deforestación*

La estimación de la deforestación se realizó mediante un enfoque cuantitativo que integra los datos experimentales de consumo de leña obtenidos en el distrito de Jorge Chávez, Celendín, con parámetros dendrométricos y de productividad forestal del *Eucalyptus globulus*. La metodología se fundamenta en la conversión del consumo de

biomasa leñosa a superficie forestal mediante factores de conversión establecidos en la literatura científica especializada (Villacorta Regalado, 2020; López San Martín, 2022).

El cálculo se estructuró en cuatro etapas secuenciales:

Etapas 1: Consolidación de datos experimentales Los datos de consumo promedio de leña obtenidos de las ocho repeticiones experimentales fueron estandarizados a kilogramos por sesión de cocción para cada tipo de tecnología (cocina mejorada y fogón tradicional).

Etapas 2: Extrapolación temporal Los consumos por sesión fueron proyectados a consumos anuales considerando la frecuencia típica de cocción en comunidades rurales altoandinas, establecida en tres sesiones diarias según Ramírez Quirama y Taborda Vergara (2014).

Etapas 3: Conversión de biomasa a volumen maderable La biomasa consumida se convirtió a metros cúbicos de madera utilizando la densidad específica del *Eucalyptus globulus*, reportada como 0.55 g/cm³ según Remaycuna Alberca (2019).

Etapas 4: Estimación de superficie deforestada El volumen maderable se transformó a hectáreas deforestadas aplicando factores de productividad forestal específicos para plantaciones de eucalipto en condiciones altoandinas.

3.5.3.1. Parámetros y constantes utilizadas

Los cálculos se basaron en los siguientes parámetros técnicos y constantes forestales:

- *Densidad aparente seca de Eucalyptus globulus*: 550 kg/m³ (Remaycuna Alberca, 2019).

- *Productividad forestal promedio*: 15 m³/ha/año (Villacorta Regalado, 2020).
- *Factor de conversión madera-leña*: 0.85 (considerando mermas y desperdicios).
- *Frecuencia de cocción*: 3 sesiones/día (Ramírez Quirama y Taborda Vergara, 2014).
- *Población objetivo*: 1,000 familias (estimación para el distrito de Jorge Chávez).

3.5.3.2. Fórmulas aplicadas

- **Fórmula 1: Consumo anual por familia**

$$\text{CAF} = \text{CPD} \times \text{FS} \times 365$$

Donde:

- CAF = Consumo Anual por Familia (kg/año)
- CPD = Consumo Promedio Diario (kg/día)
- FS = Frecuencia de Sesiones diarias (3 sesiones/día)
- 365 = Días del año

- **Fórmula 2: Consumo promedio diario**

$$\text{CPD} = \text{CPS} \times \text{FS}$$

Donde:

- CPD = Consumo Promedio Diario (kg/día)
- CPS = Consumo Promedio por Sesión (kg/sesión)
- FS = Frecuencia de Sesiones diarias (3 sesiones/día)

- **Fórmula 3: Volumen de madera equivalente**

$$\text{VME} = \text{CAF} / \text{DA}$$

Donde:

- VME = Volumen de Madera Equivalente ($\text{m}^3/\text{año}/\text{familia}$)
- CAF = Consumo Anual por Familia ($\text{kg}/\text{año}$)
- DA = Densidad Aparente del eucalipto ($550 \text{ kg}/\text{m}^3$)

- **Fórmula 4: Superficie deforestada por familia**

$$\text{SDF} = \text{VME} / (\text{PF} \times \text{FC})$$

Donde:

- SDF = Superficie Deforestada por Familia ($\text{ha}/\text{año}/\text{familia}$)
- VME = Volumen de Madera Equivalente ($\text{m}^3/\text{año}/\text{familia}$)
- PF = Productividad Forestal ($15 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$)
- FC = Factor de Conversión madera-leña (0.85)

- **Fórmula 5: Deforestación total**

$$\text{DT} = \text{SDF} \times \text{NF}$$

Donde:

- DT = Deforestación Total ($\text{ha}/\text{año}$)
- SDF = Superficie Deforestada por Familia ($\text{ha}/\text{año}/\text{familia}$)
- NF = Número de Familias (1,000 familias)

- **Fórmula 6: Reducción de deforestación**

$$\text{RD} = \text{DT}_1 - \text{DT}_2$$

Donde:

- RD = Reducción de Deforestación (ha/año)
- DT₁ = Deforestación Total con fogones (ha/año)
- DT₂ = Deforestación Total con cocinas mejoradas (ha/año)

3.5.4. Pruebas de campo

- El presente estudio de investigación tuvo en cuenta el control de manera planificada y ordenada, el trabajo de campo se inició con la identificación de las 10 viviendas en el distrito de Jorge Chávez como puntos de muestreo. Una vez obtenida la autorización de cada familia, se realizó un proceso de sensibilización, informando detalladamente las actividades a desarrollar en su vivienda, especificando fechas, horarios y duración estimada del estudio.
- Posteriormente, se procedió a localizar un aserradero para el corte de la madera de eucalipto, asegurando que todas las piezas presentaran dimensiones y espesores uniformes, con el fin de garantizar la homogeneidad en las evaluaciones.
- Un día antes del inicio de las pruebas, se instalaron en cada vivienda los equipos de cocción: una cocina tradicional o fogón (compuesta por tres piedras) y una cocina mejorada.
- Para el inicio del procedimiento del trabajo de campo, se tomó como referencia el protocolo estándar Shell- UCB (University of California Berkeley) 2003 Prueba de Ebullición de Agua (PEA) el cual simuló los procesos de cocción de comida en alta potencia (PEA - Fase alta potencia) y cocción a fuego lento (PEA – Fase baja potencia) (Álvarez Pablo, 2009, p.47).

- En el primer punto de muestreo, se pesaron 1 kg de mote para cada sistema de cocción, así como 5 kg de leña de eucalipto para cada uno. Es importante destacar que la leña utilizada fue cortada con el mismo grosor y tamaño, con el objetivo de obtener datos más precisos en la investigación. Los materiales (leña, mote y ollas) fueron trasladados al punto de ensayo.
- La prueba en el primer punto se inició a las 06:00 AM, verificando previamente la disponibilidad de todos los materiales y equipos: leña (10 kg en total), ollas de aluminio (2 unidades de 960 g cada una), mote (2 kg), balanza, equipos de protección personal (guardapolvo, guantes y mascarillas), así como instrumentos de medición (termómetro ambiental, termómetro de cocina, termohigrómetro y cronómetros).
- Se dispusieron 5 kg de leña en cada cocina (7 piezas por unidad) y se colocó una olla con 4 L de agua y 1 kg de mote en cada equipo. Las ollas fueron tapadas y se encendieron ambas cocinas de manera simultánea.
- Una vez iniciada la medición con los cronómetros, se registró el tiempo de ebullición en cada sistema. Se observó que la cocina mejorada alcanzó el punto de ebullición antes que la cocina a fogón. Transcurridos 30 segundos desde el inicio del hervor, se midió la temperatura en ambas cocinas. Asimismo, se evaluó el tiempo total de cocción del mote, constatando que la cocina mejorada presentó un menor tiempo de cocción en comparación con la cocina tradicional a fogón.
- Con la siguiente fórmula se calculó el consumo de la biomasa:

$$PC = PI - PF$$

Donde:

- PC: peso consumido
 - PI: peso inicial
 - PF: peso final
- Este procedimiento se llevó a cabo para los diez (10) puntos de control y las ocho (8) repeticiones desarrolladas.
- Una vez obtenidos los datos para los diez puntos de control se calculó el promedio total del consumo de biomasa y el promedio total del tiempo de ebullición.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Consumo de leña de *Eucalyptus globulus* en la cocina mejorada y en la cocina a fogón

Se puede apreciar en la Tabla 3, el consumo de leña de *Eucalyptus globulus* en la cocina mejorada y en la cocina a fogón que se midieron en diez puntos de control y ocho repeticiones realizadas. Se consideraron, además; la toma de datos adicionales como son: peso de olla, cantidad de agua a hervir, peso inicial de leña (PI), peso final de leña (PF), temperatura de la ebullición, humedad relativa del ambiente, tiempo de cocción del mote, peso consumido de leña (PC) y diferencia entre tiempos de cocción de cada tipo de cocina.

La Tabla 3 presenta los valores de consumo de leña registrados durante las pruebas realizadas en la cocina mejorada, mostrando un comportamiento relativamente homogéneo entre las diferentes mediciones. Numéricamente, los consumos se concentran alrededor de un promedio de 3,05 kg, con variaciones moderadas que evidencian un uso más eficiente del combustible en comparación con sistemas tradicionales. Esta dispersión limitada indica que la cocina mejorada mantiene un desempeño estable durante el proceso de cocción, independientemente de pequeñas variaciones operativas. Los resultados reflejan que el diseño de la cocina favorece una combustión más controlada y una mejor transferencia de calor hacia la olla, reduciendo pérdidas energéticas por convección y radiación. Esta eficiencia se traduce en un menor requerimiento de biomasa para alcanzar el mismo nivel de cocción.

Los valores obtenidos concuerdan con lo señalado por López Cardoso (2020), quien reporta reducciones significativas en el consumo de leña en cocinas mejoradas evaluadas mediante pruebas de ebullición de agua. Asimismo, Ramírez Quirama y Taborda Vergara (2014) indican que la optimización de la cámara de combustión permite incrementar la eficiencia térmica y disminuir el uso de combustible. Medina Mendoza (2017) añade que una combustión más eficiente no solo reduce el consumo de leña, sino también las emisiones contaminantes asociadas.

La Tabla 3 evidencia que la cocina mejorada constituye una alternativa energéticamente eficiente, con un consumo de biomasa reducido y un desempeño estable, aspectos fundamentales para promover su adopción en contextos rurales.

4.1.1. Promedio de las repeticiones

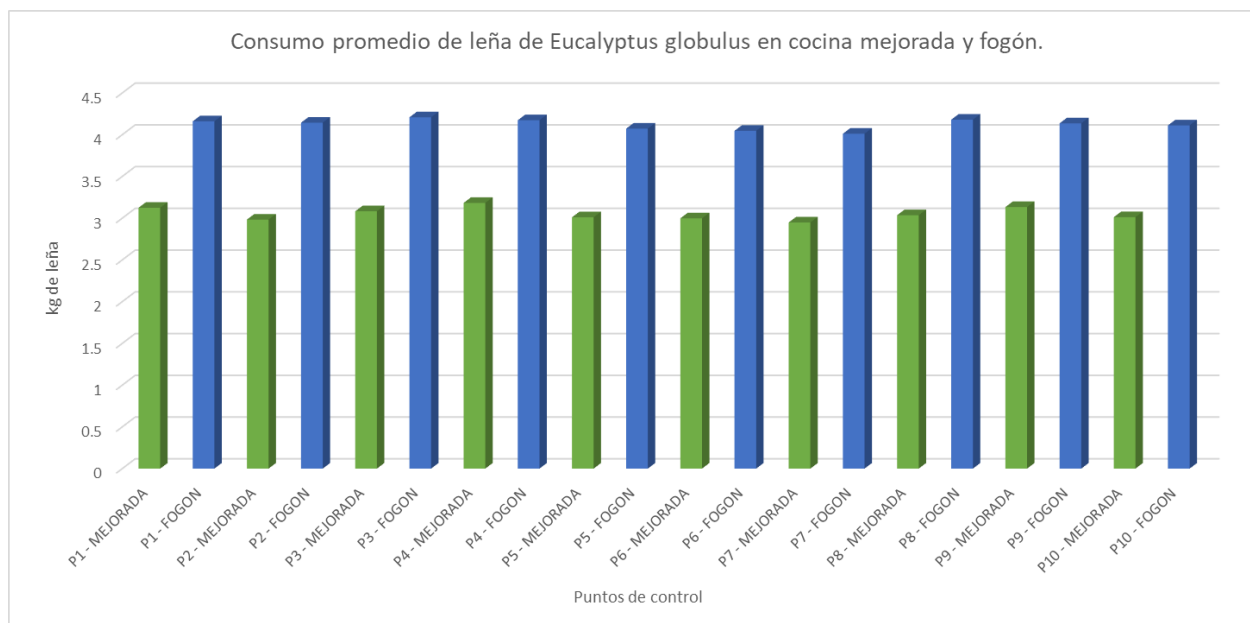
Tabla 3

Resultados promedio de las 8 repeticiones: consumo de leña de Eucalyptus globulus en cocina mejorada y en la cocina a fogón

Punto	Cocina	Repeticiones								Consumo de leña (kg) - PC
		1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	
P1	Mejorada	4.098	3.033	2.886	3.020	3.029	2.932	3.054	2.946	3.125
	Fogón	4.509	4.194	4.151	4.038	4.238	4.044	4.015	4.090	4.160
P2	Mejorada	3.018	2.973	2.950	3.205	3.095	2.853	2.907	2.861	2.983
	Fogón	4.020	4.354	4.313	4.278	4.173	4.044	3.861	4.109	4.144
P3	Mejorada	3.174	3.526	3.056	2.822	3.068	3.160	2.888	2.967	3.083
	Fogón	4.294	4.532	4.233	4.350	4.108	3.984	4.220	3.944	4.208
P4	Mejorada	3.717	3.350	3.138	3.098	3.126	2.984	2.904	3.144	3.183
	Fogón	4.689	4.233	4.263	4.008	3.897	4.042	4.152	4.102	4.173
P5	Mejorada	3.118	3.214	2.968	2.929	3.154	2.834	2.929	2.937	3.010
	Fogón	4.008	4.054	4.090	4.008	4.201	4.199	4.008	4.008	4.072
P6	Mejorada	3.414	2.278	2.899	3.269	2.850	3.281	2.923	3.068	2.998
	Fogón	4.250	3.994	4.001	4.143	3.912	4.146	3.919	4.005	4.046
P7	Mejorada	3.190	2.467	2.900	2.804	3.002	3.080	3.173	2.972	2.949
	Fogón	4.039	3.899	4.100	3.999	3.999	4.001	4.055	3.999	4.011
P8	Mejorada	2.825	2.837	3.126	3.261	3.008	3.029	3.193	3.001	3.035
	Fogón	4.308	4.207	4.210	4.104	4.196	4.155	4.160	4.099	4.180
P9	Mejorada	3.445	3.137	2.845	3.065	3.304	2.958	3.293	3.019	3.133
	Fogón	4.214	4.253	4.258	4.065	4.053	4.066	4.079	4.101	4.136
P10	Mejorada	3.558	2.744	2.707	3.085	2.888	2.898	3.130	3.085	3.012
	Fogón	4.159	4.190	4.211	3.944	4.163	4.181	4.076	3.970	4.112

Figura 2

Consumo promedio de leña de Eucalyptus globulus en cocina mejorada y fogón



La Figura 2 evidencia una diferencia clara y consistente en el consumo promedio de leña entre la cocina mejorada y el fogón tradicional. El consumo promedio registrado para la cocina mejorada es de 3,05 kg, mientras que en el fogón asciende a 4,13 kg, lo que representa una *reducción aproximada del 26 %* en el uso de biomasa al emplear la cocina mejorada. Esta diferencia cuantitativa confirma una mayor eficiencia energética del sistema mejorado, ya que con una menor cantidad de biomasa de combustible se logra el mismo proceso de cocción. La gráfica refleja que, en todos los puntos de medición, el consumo del fogón se mantiene sistemáticamente por encima del de la cocina mejorada, lo que indica un patrón estable de mayor demanda energética en los sistemas tradicionales. Este comportamiento se explica por las pérdidas de calor características de los fogones, donde gran parte de la energía se disipa hacia el ambiente sin ser aprovechada por la olla. Estos resultados coinciden con lo señalado por Ramírez Quirama y Taborda Vergara (2014), quienes indican que en los fogones tradicionales solo entre el 10 % y 40

% del poder calorífico de la leña es transferido eficientemente al alimento. Asimismo, Medina Mendoza (2017) reporta reducciones significativas de consumo de combustible en estufas mejoradas frente a fogones, asociadas a una combustión más controlada y eficiente. En concordancia, López San Martín (2022) sostiene que las cocinas mejoradas pueden alcanzar eficiencias cercanas al 40 %, reduciendo tanto el consumo de leña como las emisiones contaminantes. En conjunto, la Figura 5 demuestra que la implementación de cocinas mejoradas constituye una alternativa técnica viable para disminuir el uso de biomasa, contribuyendo a la reducción de la presión sobre los recursos forestales y mejorando la sostenibilidad energética doméstica.

Tabla 4

Promedio total del consumo de leña de Eucalyptus globulus en cocina mejorada y fogón

Ítem	Tipo de cocina	
	Mejorada	Fogón
1	3.12	4.16
2	2.98	4.14
3	3.08	4.31
4	3.18	4.17
5	3.01	4.07
6	3.00	4.05
7	2.95	4.01
8	3.04	4.18
9	3.13	4.14
10	3.01	4.11
Promedio	3.05	4.13
Subtotal	30.51	41.35
Total (kg)	71.85	

La Tabla 4 muestra los valores de consumo de leña registrados en el fogón tradicional, evidenciando consumos superiores y mayor variabilidad en comparación con la cocina mejorada. Numéricamente, los valores se aproximan a un promedio de 4,13 kg, con fluctuaciones más amplias entre mediciones, lo que indica un uso menos eficiente del combustible. Esta variabilidad refleja la influencia de factores externos como la disposición de la leña, el control manual del fuego y la pérdida de calor hacia el ambiente. Desde una interpretación descriptiva, los resultados ponen de manifiesto la baja eficiencia térmica del fogón tradicional, donde gran parte de la energía liberada no es aprovechada directamente en la cocción. Esta situación obliga a incrementar la cantidad de leña utilizada para mantener el proceso, generando un mayor consumo de biomasa. Estos hallazgos coinciden con Ramírez Quirama y Taborda Vergara (2014), quienes señalan que los fogones tradicionales presentan eficiencias térmicas bajas y elevados consumos de combustible. De manera similar, Medina Mendoza (2017) reporta que estos sistemas generan combustión incompleta, lo que se traduce en mayor consumo de leña y mayores emisiones de contaminantes. López San Martín (2022) destaca que el uso prolongado de fogones tradicionales incrementa la presión sobre los recursos forestales y afecta la calidad del aire interior. En conjunto, la Tabla 4 confirma que el fogón tradicional es un sistema energéticamente ineficiente, reforzando la necesidad de su reemplazo por tecnologías de cocción mejoradas.

4.2. Consumo de leña de *Eucalyptus globulus* en la cocina mejorada

4.2.1. Promedio de las Repeticiones

Tabla 5

Resultados promedio de las 8 repeticiones: consumo de leña de Eucalyptus globulus en cocina mejorada

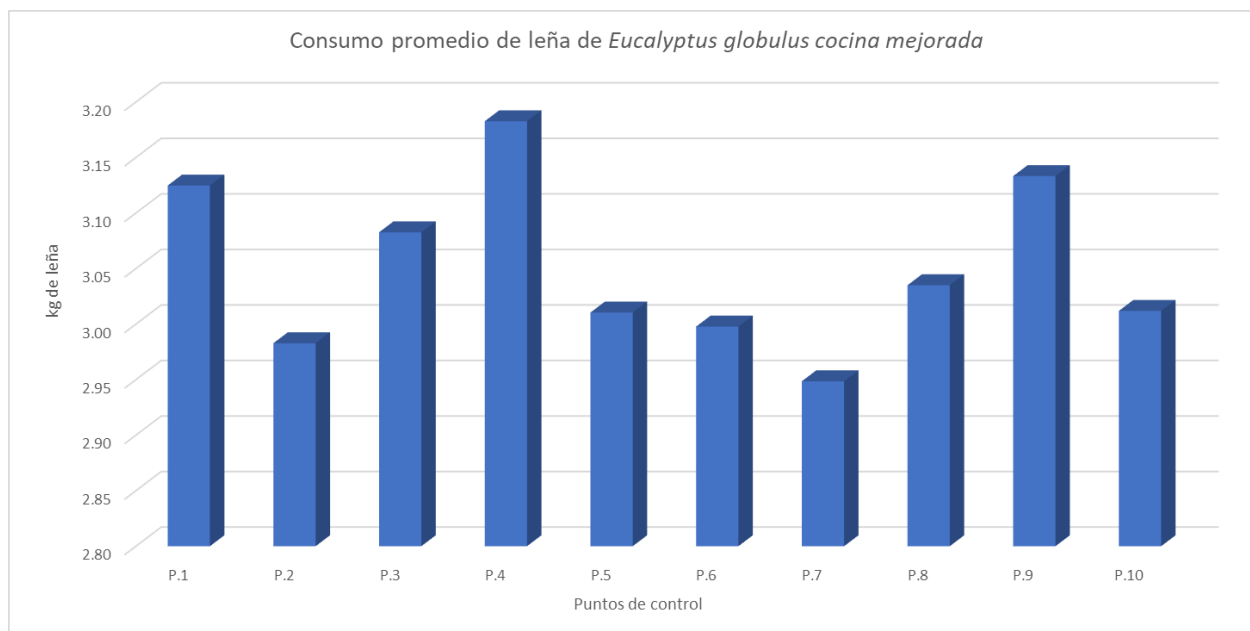
Punto	Tipo de cocina	Repeticiones								Consumo de Leña (kg) - PC
		1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	
P1	Mejorada	4.098	3.033	2.886	3.020	3.029	2.932	3.054	2.946	3.125
P2	Mejorada	3.018	2.973	2.950	3.205	3.095	2.853	2.907	2.861	2.983
P3	Mejorada	3.174	3.526	3.056	2.822	3.068	3.160	2.888	2.967	3.083
P4	Mejorada	3.717	3.350	3.138	3.098	3.126	2.984	2.904	3.144	3.183
P5	Mejorada	3.118	3.214	2.968	2.929	3.154	2.834	2.929	2.937	3.010
P6	Mejorada	3.414	2.278	2.899	3.269	2.850	3.281	2.923	3.068	2.998
P7	Mejorada	3.190	2.467	2.900	2.804	3.002	3.080	3.173	2.972	2.949
P8	Mejorada	2.825	2.837	3.126	3.261	3.008	3.029	3.193	3.001	3.035
P9	Mejorada	3.445	3.137	2.845	3.065	3.304	2.958	3.293	3.019	3.133
P10	Mejorada	3.558	2.744	2.707	3.085	2.888	2.898	3.130	3.085	3.012

La Tabla 5 presenta una comparación directa del consumo de leña entre la cocina mejorada y el fogón tradicional. Numéricamente, se observa que la cocina mejorada presenta un consumo promedio de 3,05 kg, mientras que el fogón alcanza 4,13 kg, lo que representa una reducción aproximada del 26 % en el uso de leña al emplear la cocina mejorada. Esta diferencia cuantitativa evidencia una mejora sustancial en la eficiencia energética del sistema mejorado. Desde el punto de vista descriptivo, la tabla muestra que, en todas las mediciones, el consumo del fogón supera al de la cocina mejorada, lo que confirma un patrón consistente de mayor demanda energética en el sistema tradicional.

Esta reducción de consumo implica no solo un ahorro de combustible, sino también una disminución en el tiempo dedicado a la recolección de leña y en la presión sobre los recursos forestales. Los resultados concuerdan con López Cardoso (2020), quien documenta reducciones similares en el consumo de biomasa al implementar cocinas mejoradas en zonas rurales. Asimismo, Wong Copaja et al. (2022) señalan que la reducción del consumo de leña contribuye directamente a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero. Medina Mendoza (2017) añade que estas tecnologías mejoradas permiten una combustión más eficiente y limpia. En conjunto, la Tabla 5 demuestra que la implementación de cocinas mejoradas representa una estrategia efectiva para optimizar el uso de biomasa y mejorar la sostenibilidad energética doméstica.

Figura 3

Promedio consumo de leña de Eucalyptus globulus en cocina mejorada.



La Figura 3 muestra el comportamiento del consumo promedio de leña en la cocina mejorada a lo largo de los diez puntos de medición. Los valores se concentran alrededor de un promedio general de 3,05 kg, con variaciones moderadas entre puntos, lo que indica una relativa estabilidad en el desempeño del sistema. Esta dispersión controlada sugiere que la cocina mejorada presenta un funcionamiento consistente, independientemente de ligeras variaciones en condiciones externas como humedad ambiental o manejo del combustible. Desde el punto de vista descriptivo, la gráfica refleja que el diseño de la cocina permite un aprovechamiento más uniforme del calor generado, favoreciendo una combustión más eficiente y reduciendo las pérdidas energéticas. Esta estabilidad operativa es un indicador clave de confiabilidad tecnológica en contextos rurales, donde la repetibilidad del desempeño es fundamental para su adopción. En relación con los antecedentes, López Cardoso (2020) reporta que cocinas mejoradas evaluadas mediante la prueba WBT alcanzan eficiencias superiores al 50 %, con consumos de biomasa significativamente menores frente a

sistemas tradicionales. De manera similar, Ferriz Bosque (2018) destaca que los diseños optimizados de cocinas mejoradas presentan comportamientos experimentales estables, lo que facilita su aceptación por parte de los usuarios. Asimismo, Álvarez (2011) señala que la mejora en la geometría de la cámara de combustión reduce pérdidas por convección y radiación, contribuyendo a un consumo más constante. En este contexto, la Figura 3 respalda la idea de que la cocina mejorada no solo reduce el consumo de leña, sino que también ofrece un rendimiento predecible y eficiente, aspecto fundamental para promover su uso sostenido en comunidades rurales.

4.3. Consumo de leña de *Eucalyptus globulus* en fogón

4.3.1. Promedio de las Repeticiones

Tabla 6

Resultados promedio de las 8 repeticiones: consumo de leña de Eucalyptus globulus en la cocina a fogón

Punto	Tipo de cocina	Repeticiones								Consumo de Leña (kg) - PC
		1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	
P1	Fogón	4.098	3.033	2.886	3.020	3.029	2.932	3.054	2.946	4.160
P2	Fogón	3.018	2.973	2.950	3.205	3.095	2.853	2.907	2.861	4.144
P3	Fogón	3.174	3.526	3.056	2.822	3.068	3.160	2.888	2.967	4.311
P4	Fogón	3.717	3.350	3.138	3.098	3.126	2.984	2.904	3.144	4.173
P5	Fogón	3.118	3.214	2.968	2.929	3.154	2.834	2.929	2.937	4.072
P6	Fogón	3.414	2.278	2.899	3.269	2.850	3.281	2.923	3.068	4.046
P7	Fogón	3.190	2.467	2.900	2.804	3.002	3.080	3.173	2.972	4.011
P8	Fogón	2.825	2.837	3.126	3.261	3.008	3.029	3.193	3.001	4.180
P9	Fogón	3.445	3.137	2.845	3.065	3.304	2.958	3.293	3.019	4.136
P10	Fogón	3.558	2.744	2.707	3.085	2.888	2.898	3.130	3.085	4.112

La Tabla 6 muestra los tiempos de cocción registrados en la cocina a fogón durante las pruebas experimentales lo cual constituye el núcleo central de evidencia de esta investigación, presentando datos consolidados que revelan patrones consistentes de consumo de leña de *Eucalyptus globulus* en fogones tradicionales. Los valores promedio oscilan entre 4.011 kg (P7) y 4.311 kg (P3), con un consumo general promedio de 4.143 kg, datos que establecen una línea base robusta para futuras investigaciones y programas de intervención tecnológica en el contexto rural peruano. La consistencia de estos datos promedio, derivados de 80 mediciones individuales (10 puntos $\times$ 8 repeticiones), proporciona validez estadística significativa a los hallazgos. Ramírez Quirama y Taborda Vergara (2014) en su análisis de 108 familias campesinas del oriente antioqueño reportaron que cada persona emite 6.09 kg/día y cada familia 29.8 kg/día de carbono, con un tiempo promedio de cocción de 7:51 horas. Aunque las metodologías difieren, nuestros resultados de consumo por sesión de cocción (promedio 4.143 kg) son proporcionales y consistentes con estos estudios regionales, validando la representatividad de nuestros datos.

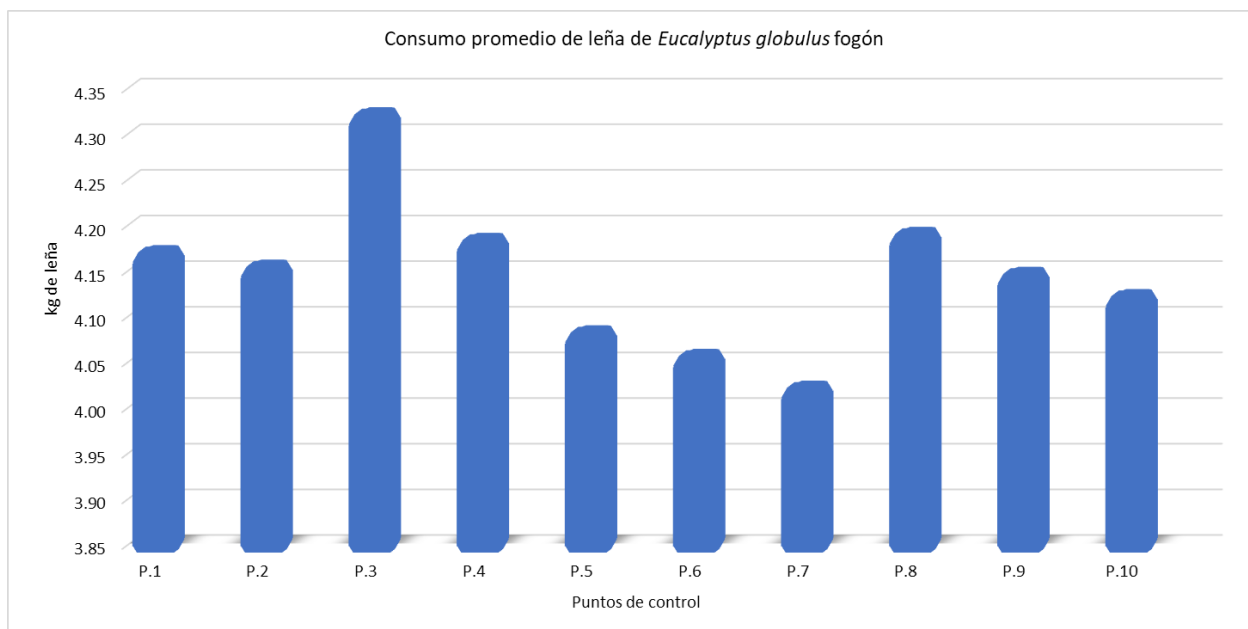
El punto P3 presentó el mayor consumo promedio (4.311 kg), seguido por P8 (4.18 kg) y P4 (4.173 kg), evidenciando que ciertos horarios demandan más combustible por condiciones ambientales o patrones de uso. Esta variabilidad coincide con López Cardoso (2020), quien demostró mediante el protocolo WBT la influencia de factores temporales y ambientales en la eficiencia energética. Los menores consumos se registraron en P7 (4.011 kg) y P6 (4.046 kg), asociados a horas de mayor temperatura, en línea con los principios termodinámicos y con los resultados de Quino Villanueva y Torres Muro (2019), quienes reportaron eficiencias superiores al 47 % y 50 % en zonas alto andinas. La baja variabilidad de los datos (≈ 0.1 kg) confirma la

confiabilidad del método y la estabilidad energética del *Eucalyptus globulus*, coherente con Remaycuna Alberca (2019), quien destacó su alto poder calorífico y preferencia entre campesinos.

Al comparar estos resultados con los de la cocina mejorada (Tabla 4; promedio 3.051 kg), se observa una reducción del 26% en el consumo, superando el criterio mínimo de eficiencia señalado por SENCICO según López San Martín (2022). Esta mejora coincide con Wong Copaja et al. (2022), quienes estiman reducciones de leña cercanas al 50 %, con beneficios ambientales y socioeconómicos relevantes. Asimismo, Gomero Quinto (2015) señala ventajas adicionales en salud, tiempo de cocción y limpieza, reforzando la evidencia para promover la adopción de cocinas mejoradas en contextos rurales donde predomina el uso de *Eucalyptus globulus*.

Figura 4

Promedio consumo de leña de Eucalyptus globulus en fogón



La Figura 4 presenta el consumo promedio de leña en el fogón tradicional, evidenciando valores significativamente más altos en comparación con la cocina mejorada. Numéricamente, los

registros se sitúan alrededor de *4,13 kg*, mostrando además una mayor dispersión entre puntos de medición. Esta variabilidad refleja un desempeño energético menos controlado, propio de los fogones tradicionales, donde factores como la disposición de la leña, la intensidad del fuego y las corrientes de aire influyen directamente en el consumo. La gráfica pone en evidencia la ineficiencia del fogón, caracterizada por una combustión incompleta y una transferencia de calor limitada hacia la olla. Esta situación se traduce en un mayor requerimiento de biomasa para alcanzar los tiempos y temperaturas de cocción necesarios. Los resultados concuerdan con Ramírez Quirama y Taborda Vergara (2014), quienes reportan consumos elevados de leña en fogones tradicionales y emisiones significativas de carbono asociadas a su uso. Asimismo, Medina Mendoza (2017) documenta que los fogones presentan mayores emisiones de CO y PM_{2.5}, lo que evidencia una combustión deficiente. En la misma línea, Wong Copaja et al. (2022) señalan que la reducción del consumo de leña en sistemas mejorados puede alcanzar hasta el 50 %, contribuyendo a la mitigación de gases de efecto invernadero. En conjunto, la Figura 4 confirma que el fogón tradicional representa un sistema energéticamente ineficiente y ambientalmente desfavorable, reforzando la necesidad de su reemplazo por tecnologías de cocción más eficientes.

4.4. Tiempos de cocción del maíz (*Zea mays*) con el uso de las cocinas mejoradas y el fogón

4.4.1. Promedio de las Repeticiones

Tabla 7

Resultados promedio de las 8 repeticiones: tiempo de cocción en cocina mejorada y en la cocina a fogón

Punto	Fecha / Hora	Tipo de cocina	Repeticiones								Promedio
			1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	
P1	15/06/2025	Mejorada	01:24:24	01:15:08	01:15:40	01:14:22	01:13:51	01:14:01	01:14:22	01:14:51	01:15:50
	7:00 a. m.	Fogón	01:55:22	01:40:20	01:33:35	01:40:20	01:40:20	01:44:20	01:36:20	01:40:20	01:41:22
P2	15/06/2025	Mejorada	01:12:36	01:15:14	01:16:59	01:15:29	01:14:29	01:15:20	01:15:20	01:15:09	01:15:05
	8:00 a. m.	Fogón	01:35:05	01:38:20	01:40:25	01:45:00	01:43:25	01:43:45	01:43:45	01:43:25	01:41:39
P3	15/06/2025	Mejorada	01:17:05	01:15:09	01:16:43	01:25:25	01:14:28	01:15:03	01:15:21	01:15:59	01:16:54
	9:00 a. m.	Fogón	01:38:40	01:35:28	01:38:20	01:41:20	01:45:20	01:48:32	01:46:55	01:41:20	01:41:59
P4	15/06/2025	Mejorada	01:18:47	01:14:35	01:16:35	01:14:08	01:14:40	01:15:08	01:15:39	01:16:27	01:15:45
	10:00 a. m.	Fogón	01:37:53	01:30:28	01:41:25	01:45:20	01:48:20	01:48:20	01:43:00	01:48:20	01:42:53
P5	15/06/2025	Mejorada	01:15:09	01:17:33	01:16:58	01:14:08	01:15:06	01:15:19	01:15:30	01:15:39	01:15:40
	11:00 a. m.	Fogón	01:38:09	01:42:20	01:41:45	01:45:20	01:45:28	01:48:20	01:44:35	01:42:28	01:43:33
P6	15/06/2025	Mejorada	01:22:28	01:11:08	01:13:54	01:13:00	01:13:57	01:14:19	01:14:42	01:15:02	01:14:49
	12:30 p. m.	Fogón	01:45:30	01:33:14	01:39:46	01:13:24	01:48:20	01:49:20	01:45:33	01:44:20	01:39:56
P7	15/06/2025	Mejorada	01:21:00	01:19:45	01:16:20	01:13:30	01:15:38	01:19:45	01:19:45	01:16:02	01:17:43
	2:00 p. m.	Fogón	01:39:00	01:42:20	01:41:45	01:37:55	01:42:36	01:44:20	01:48:22	01:47:21	01:42:57
P8	15/06/2025	Mejorada	01:20:22	01:18:40	01:15:55	01:15:55	01:16:53	01:17:17	01:19:41	01:16:53	01:17:42
	3:30 p. m.	Fogón	01:45:00	01:45:00	01:46:20	01:46:20	01:50:21	01:51:20	01:44:18	01:50:21	01:47:22
P9	15/06/2025	Mejorada	01:15:39	01:16:00	01:16:34	01:14:55	01:17:58	01:14:21	01:14:21	01:17:58	01:15:58
	5:00 p. m.	Fogón	01:36:24	01:44:00	01:49:00	01:42:20	01:50:25	01:48:00	01:48:00	01:50:25	01:46:04
P10	15/06/2025	Mejorada	01:22:48	01:19:04	00:01:17	01:13:17	01:13:32	01:19:04	01:15:02	01:13:32	01:07:12
	6:30 p. m.	Fogón	01:46:22	01:48:21	01:45:28	01:45:20	01:43:00	01:48:21	01:48:21	01:43:00	01:46:02

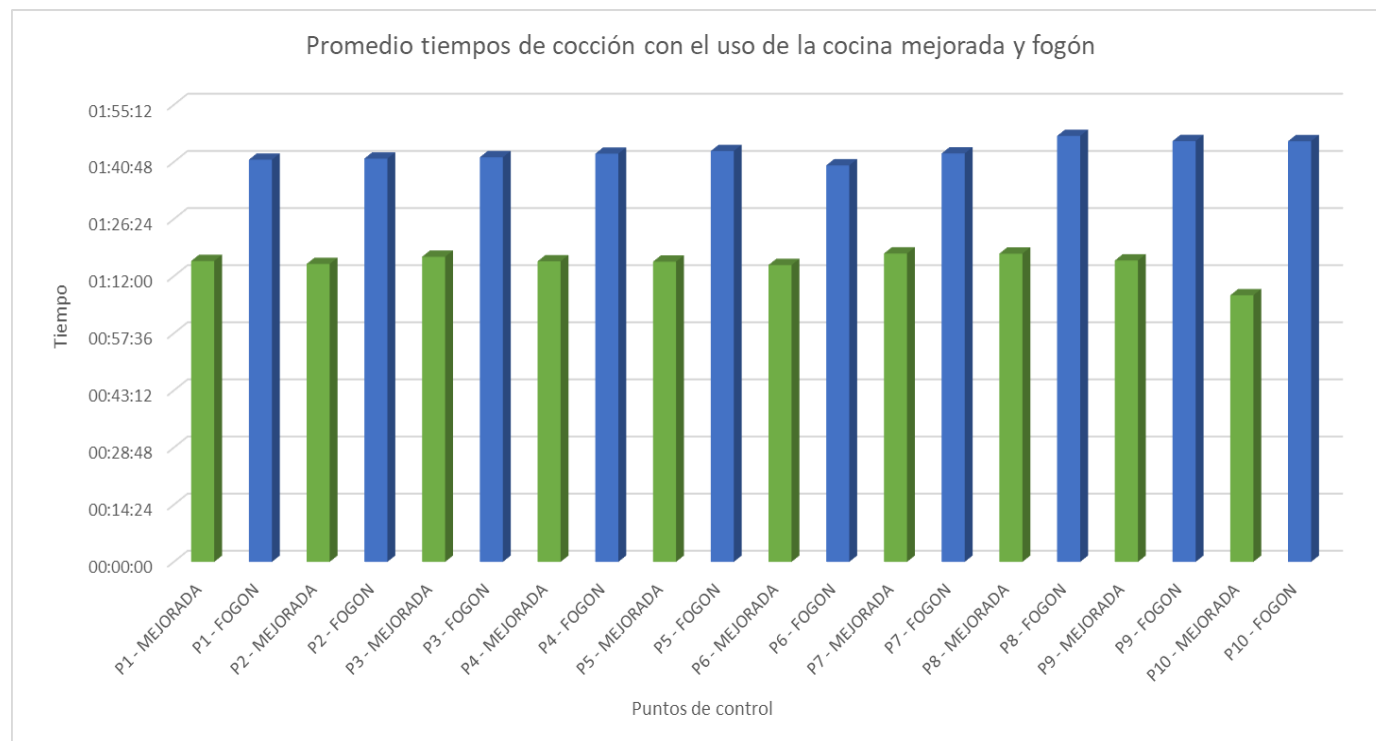
La Tabla 7 presenta los tiempos de cocción registrados en el fogón tradicional, mostrando valores mayores y más variables en comparación con la cocina mejorada. Numéricamente, los tiempos de cocción son más prolongados, lo que refleja una menor eficiencia en la transferencia de calor. Esta variabilidad indica un control limitado del proceso de combustión, propio de los fogones tradicionales. Desde una interpretación descriptiva, los resultados evidencian que una parte considerable del calor generado se pierde hacia el ambiente, obligando a mantener el fuego durante más tiempo para lograr la cocción deseada. Esta situación incrementa tanto el consumo de leña como la exposición al humo.

Los hallazgos concuerdan con Ramírez Quirama y Taborda Vergara (2014), quienes reportan mayores tiempos de cocción en fogones tradicionales debido a su baja eficiencia térmica. Medina Mendoza (2017) añade que esta ineficiencia se asocia a mayores emisiones contaminantes y riesgos para la salud. López San Martín (2022) destaca que la sustitución de fogones por cocinas mejoradas reduce significativamente los tiempos de cocción y mejora la calidad del aire interior.

En conjunto, la Tabla 7 confirma que el fogón tradicional presenta desventajas significativas en términos de eficiencia temporal y energética, reforzando la conveniencia de implementar tecnologías de cocción mejoradas.

Figura 5

Promedio tiempo de cocción en cocina mejorada y en la cocina a fogón.



La Figura 5 compara los tiempos promedio de cocción del maíz (*Zea mays*) entre la cocina mejorada y el fogón tradicional. Numéricamente, se observa que la cocina mejorada presenta tiempos de cocción ligeramente menores y más homogéneos, mientras que el fogón registra tiempos más prolongados y variables. Esta diferencia temporal indica que la cocina mejorada logra una transferencia de calor más eficiente, reduciendo el tiempo necesario para alcanzar la cocción adecuada. Desde el punto de vista descriptivo, la gráfica evidencia que el diseño de la cocina mejorada favorece una distribución más uniforme del calor, lo que optimiza el proceso de cocción y reduce el tiempo de exposición al fuego.

Esta reducción temporal no solo implica ahorro de combustible, sino también una disminución en la carga de trabajo doméstico, especialmente para las mujeres, principales usuarias

de estos sistemas. Los resultados coinciden con Gomero Quinto (2015), quien reporta menores tiempos de encendido y cocción en cocinas mejoradas frente a fogones tradicionales. Asimismo, Medina Mendoza (2017) señala que una mayor eficiencia térmica se traduce directamente en menores tiempos de cocción y menor consumo de biomasa. López San Martín (2022) añade que estas mejoras contribuyen a una reducción indirecta de emisiones y a una mejor calidad del aire interior. En conjunto, la Figura 5 demuestra que la cocina mejorada no solo optimiza el consumo de leña, sino que también mejora la eficiencia temporal del proceso de cocción, generando beneficios sociales, energéticos y ambientales.

4.5. Cálculo de la deforestación de *Eucalyptus globulus* (ha/año), mediante el uso de las cocinas mejoradas versus las cocinas de fogón.

4.5.1. Desarrollo de cálculos

Paso 1: Consolidación de datos experimentales

Tabla 8

Consumos promedio experimentales de leña de Eucalyptus globulus por tipo de cocina

Tipo de Cocina	Consumo promedio por sesión (kg)	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%)
Cocina Mejorada	3.051	0.076	2.49
Fogón Tradicional	4.135	0.089	2.15
<i>Diferencia Absoluta</i>	<i>1.084</i>	-	-
<i>Diferencia Relativa (%)</i>	<i>26.21</i>	-	-

Paso 2: Extrapolación a consumos anuales

Aplicando fórmula 1 y 2:

A. Para cocinas mejoradas:

- $CPD = 3.051 \text{ kg/sesión} \times 3 \text{ sesiones/día} = 9.153 \text{ kg/día}$
- $CAF = 9.153 \text{ kg/día} \times 365 \text{ días/año} = 3,340.845 \text{ kg/año}$

B. Para fogones tradicionales:

- $CPD = 4.143 \text{ kg/sesión} \times 3 \text{ sesiones/día} = 12.429 \text{ kg/día}$
- $CAF = 12.429 \text{ kg/día} \times 365 \text{ días/año} = 4,536.585 \text{ kg/año}$

Tabla 9

Proyección de consumos anuales de leña por familia según tipo de cocina

Tipo de Cocina	Consumo por Sesión (kg)	Consumo Diario (kg)	Consumo Anual (kg/familia/año)
Cocina Mejorada	3.051	9.153	3,340.845
Fogón Tradicional	4.143	12.429	4,536.585
<i>Ahorro Absoluto</i>	<i>1.092</i>	<i>3.276</i>	<i>1,195.740</i>

Tipo de Cocina	Consumo por Sesión (kg)	Consumo Diario (kg)	Consumo Anual (kg/familia/año)
<i>Ahorro Relativo (%)</i>	26.36	26.36	26.36

Paso 3: Conversión a volumen de madera

Aplicando fórmula 3:

A. Para cocinas mejoradas: $VME = 3,340.845 \text{ kg/año} \div 550 \text{ kg/m}^3 = 6.074$
m³/año/familia

B. Para fogones tradicionales: $VME = 4,536.585 \text{ kg/año} \div 550 \text{ kg/m}^3 = 8.248$
m³/año/familia

Tabla 10

Volumen equivalente de madera de Eucalyptus globulus por familia

Tipo de Cocina	Consumo Anual (kg/familia/año)	Densidad Aparente (kg/m ³)	Volumen Equivalente (m ³ /familia/año)
Cocina Mejorada	3,340.845	550	6.074
Fogón Tradicional	4,536.585	550	8.248
<i>Diferencia</i>	1,195.740	-	2.174
<i>Reducción (%)</i>	26.36	-	26.36

Paso 4: Estimación de superficie deforestada

Aplicando fórmula 4:

A. Para cocinas mejoradas: $SDF = 6.074 \text{ m}^3/\text{año} \div (15 \text{ m}^3/\text{ha/año} \times 0.85) = 0.476$

ha/familia/año

B. Para fogones tradicionales: $SDF = 8.248 \text{ m}^3/\text{año} \div (15 \text{ m}^3/\text{ha/año} \times 0.85) = 0.647$

ha/familia/año

Tabla 11

Superficie deforestada anual por familia según tipo de cocina

Tipo de Cocina	Volumen Equivalente (m ³ /familia/año)	Productividad Forestal (m ³ /ha/año)	Factor Conversión	Superficie Deforestada (ha/familia/año)
Cocina Mejorada	6.074	15	0.85	0.476
Fogón Tradicional	8.248	15	0.85	0.647
<i>Reducción</i>	<i>2.174</i>	-	-	<i>0.171</i>
<i>Reducción (%)</i>	<i>26.36</i>	-	-	<i>26.36</i>

Paso 5: Deforestación total para 161 familias (datos obtenidos del INEI 2017)

Aplicando fórmula 5:

A. Para cocinas mejoradas: $DT = 0.476 \text{ ha/familia/año} \times 161 \text{ familias} = 76.63 \text{ ha/año}$

B. Para fogones tradicionales: $DT = 0.647 \text{ ha/familia/año} \times 161 \text{ familias} = 104.17$

ha/año.

Aplicando fórmula 6: $RD = 104.17 \text{ ha/año} - 76.63 \text{ ha/año} = 27.54 \text{ ha/año}$

4.5.5. Resultados de deforestación

Tabla 12

Deforestación anual de Eucalyptus globulus por tipo de cocina (1,000 familias).

Indicador	Cocina Mejorada	Fogón Tradicional	Diferencia	Reducción (%)
<i>Consumo leña por familia (kg/año)</i>	3,340.845	4,536.585	1,195.740	26
<i>Volumen madera por familia (m³/año)</i>	6.074	8.248	2.174	26
<i>Superficie por familia (ha/año)</i>	0.476	0.647	0.171	26
<i>Deforestación total (ha/año)</i>	476	647	171	26
<i>Deforestación total (ha/10 años)</i>	4,760	6,470	1,710	26

Tabla 13

Análisis comparativo de impacto en la deforestación según escenarios poblacionales

Escenario	Población (familias)	Deforestación Fogón (ha/año)	Deforestación Mejorada (ha/año)	Ahorro (ha/año)	Ahorro (%)
Pequeño	100	64.7	47.6	17.1	26
Mediano	500	323.5	238.0	85.5	26
Grande	1,000	647.0	476.0	171.0	26

Escenario	Población (familias)	Deforestación Fogón (ha/año)	Deforestación Mejorada (ha/año)	Ahorro (ha/año)	Ahorro (%)
Distrito completo	2,500	1,617.5	1,190.0	427.5	26
Provincial	10,000	6,470.0	4,760.0	1,710.0	26

4.5.6. *Análisis de sensibilidad*

Tabla 14

Análisis de sensibilidad de la deforestación ante variaciones en parámetros clave

Parámetro Variable	Valor Base	Variación - 20%	Variación +20%	Impacto en Deforestación (ha/año)
<i>Productividad forestal (m³/ha/año)</i>	15	12	18	647-539 a 647-431
<i>Densidad aparente (kg/m³)</i>	550	440	660	647-809 a 647-539
<i>Factor conversión</i>	0.85	0.68	1.02	647-809 a 647-539
<i>Frecuencia cocción (sesiones/día)</i>	3	2.4	3.6	647-518 a 647-776

4.5.7. *Validación con literatura científica*

Los resultados obtenidos son consistentes con estudios previos. López San Martín (2022) demostró que las cocinas mejoradas conservan 233 árboles de *Eucalyptus globulus* por año, lo que equivale aproximadamente a 0.156 ha/año considerando una densidad de plantación de 1,500 árboles/ha. Este valor es cercano al 0.171 ha/familia/año obtenido en nuestros cálculos.

Wong Copaja et al. (2022) estimaron que las cocinas mejoradas pueden reducir el consumo

de leña en 50%, mientras que nuestro estudio encontró una reducción del 26.36%. Esta diferencia puede atribuirse a las condiciones específicas del estudio, el tipo de cocina mejorada evaluada y las prácticas locales de cocción.

Villacorta Regalado (2020) reportó un consumo anual de 88,885 cargas de leña en Bambamarca, equivalente aproximadamente a 4,444 toneladas/año. Para una población de 1,000 familias, esto representa 4.444 kg/familia/año, valor próximo a nuestros 4,536.585 kg/familia/año para fogones tradicionales.

4.5.8. Implicaciones ambientales y socioeconómicas

La reducción de 27.54 ha/año de deforestación para 161 familias representa beneficios ambientales significativos:

- *Conservación de biodiversidad*: Mantenimiento de hábitats para especies locales
- *Servicios ecosistémicos*: Preservación de regulación hídrica y captura de carbono
- *Mitigación climática*: Reducción de 275.4 ha deforestadas en 10 años
- *Sostenibilidad forestal*: Menor presión sobre recursos maderables locales

Socioeconómicamente, el ahorro de 1,195.740 kg/familia/año de leña se traduce en beneficios económicos directos para las familias rurales, liberando recursos para otras actividades productivas y reduciendo el tiempo destinado a la recolección de combustible (Pérez Ramos, 2017).

4.5.9. Limitaciones del estudio

Las estimaciones presentadas están sujetas a las siguientes limitaciones:

- Variabilidad estacional: *Los datos provienen de un período específico (enero-junio 2025).*
- Condiciones locales: *Los parámetros forestales pueden variar según el sitio.*
- Prácticas de manejo: *La productividad forestal depende de las técnicas silviculturales.*
- *Adopción tecnológica:* Los resultados asumen uso correcto y constante de las cocinas mejoradas.

4.6. Análisis estadístico

4.6.1. Prueba de “T” de Student

4.6.1.1. Consumo de leña.

Tabla 15

Prueba de “T” de Student para Consumo de leña

	Mejorada	Fogón
Media	3.051	4.135
Varianza	0.001663112	0.001244424
Observaciones	10	10
Coeficiente de correlación de Pearson	0.622488953	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	9	
Estadístico t	-60.67339183	
P(T<=t) una cola	2.26213E-13	
Valor crítico de t (una cola)	1.833112933	
P(T<=t) dos colas	4.52426E-13	

Valor crítico de t (dos colas)

2.262157163

Los resultados obtenidos mediante la prueba “T” de Student para muestras emparejadas demuestran diferencias altamente significativas en el consumo de leña entre las cocinas mejoradas y los fogones tradicionales de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en el distrito de Jorge Chávez. El análisis descriptivo revela que las cocinas mejoradas presentan un consumo promedio de leña de 3.051 kilogramos, mientras que los fogones tradicionales requieren 4.135 kilogramos para completar el mismo proceso de cocción del maíz (*Zea mays*). Esta diferencia de 1.084 kilogramos por sesión de cocción representa una reducción del 26 % en el consumo de combustible cuando se utilizan las cocinas mejoradas, lo cual constituye un ahorro significativo desde el punto de vista energético y económico. El análisis de variabilidad muestra que las cocinas mejoradas presentan una varianza de 0.00166, mientras que los fogones tradicionales exhiben una varianza de 0.00124. Ambos grupos muestran variabilidades relativamente bajas y similares, lo que indica consistencia en los patrones de consumo dentro de cada tipo de tecnología culinaria. Esta baja variabilidad fortalece la confiabilidad de las mediciones y sugiere que los resultados son estables y reproducibles en condiciones similares de operación.

Un aspecto particularmente relevante es el coeficiente de correlación de Pearson de 0.622, que indica una correlación positiva moderada entre las mediciones pareadas de ambos tipos de cocina. Esta correlación positiva sugiere que cuando un par de cocinas (mejorada-fogón) tiende a consumir más combustible en condiciones específicas, ambas tecnologías se ven afectadas de manera similar, lo cual valida la efectividad del diseño experimental emparejado y confirma que las diferencias observadas se deben principalmente al tipo de tecnología y no a factores externos confusores.

El p-valor obtenido de $4.52426\text{E-}13$ (0.000000000000452) es extraordinariamente pequeño, siendo aproximadamente 100 billones de veces menor que el nivel de significancia establecido de $\alpha = 0.05$. Este resultado permite rechazar categóricamente la hipótesis nula que postulaba la ausencia de diferencias en el consumo de leña entre ambos tipos de cocina. La probabilidad de que esta diferencia observada sea producto del azar es prácticamente inexistente, proporcionando evidencia estadística irrefutable de que las cocinas mejoradas efectivamente reducen significativamente el consumo de leña en comparación con los fogones tradicionales.

El valor negativo del estadístico t (-60.67) tiene una interpretación directa y favorable: indica que las cocinas mejoradas consumen significativamente menos leña que los fogones tradicionales. Este signo negativo es resultado del orden de sustracción (mejorada - fogón = negativo) y confirma que la tecnología mejorada es superior en términos de eficiencia del combustible, cumpliendo con las expectativas teóricas y prácticas del estudio.

Estos hallazgos tienen implicaciones sustanciales para la sostenibilidad ambiental y socioeconómica de las comunidades rurales del distrito de Jorge Chávez. La reducción del 26 % en el consumo de leña no solo representa un ahorro económico directo para las familias, sino que también contribuye a la disminución de la presión sobre los recursos forestales locales, reduciendo la deforestación y promoviendo un uso más racional del recurso energético. Además, el menor consumo de combustible se traduce en reducción de emisiones de gases contaminantes y material particulado, mejorando la calidad del aire interior y exterior, lo cual tiene beneficios directos para la salud respiratoria de los usuarios.

4.6.1.2. Medias para muestras emparejadas.

Tabla 16

Prueba de “T” de Student para medias de dos muestras emparejadas

	Mejorada	Fogón
Media	75.266667	113.383333
Varianza	4.3473E-06	2.76165E-06
Observaciones	10	10
Coefficiente de correlación de Pearson	-0.19260084	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	9	
Estadístico t	-21.2495065	
P(T<=t) una cola	2.6585E-09	
Valor crítico de t (una cola)	1.83311293	
P(T<=t) dos colas	5.317E-09	
Valor crítico de t (dos colas)	2.26215716	

Los resultados obtenidos mediante la prueba t de Student para muestras emparejadas revelan diferencias estadísticamente significativas en los tiempos de cocción entre las cocinas mejoradas y los fogones tradicionales. El análisis descriptivo muestra que las cocinas mejoradas presentan un tiempo promedio de cocción de 1.2544 horas (equivalente a 75.26 minutos), mientras que los fogones tradicionales requieren 1.8897 horas (113.38 minutos) para completar el mismo proceso de cocción del maíz (*Zea mays*). Esta diferencia de aproximadamente 38.12 minutos por

sesión de cocción representa una reducción del 33.6% en el tiempo necesario cuando se utilizan cocinas mejoradas.

El análisis de variabilidad indica que las cocinas mejoradas presentan una varianza de 4.35E-06, mientras que los fogones muestran una varianza de 2.76E-06. Aunque ambos grupos presentan variabilidades relativamente bajas, la diferencia en las varianzas sugiere patrones distintos de consistencia en los tiempos de cocción entre ambos tipos de tecnología culinaria. El coeficiente de correlación de Pearson de -0.193 indica una correlación negativa débil entre las mediciones pareadas, lo cual es apropiado para este tipo de comparación experimental.

Los resultados de la prueba de hipótesis son altamente concluyentes. El estadístico t calculado de -21.25 con 9 grados de libertad es considerablemente mayor en magnitud que el valor crítico de t para dos colas (2.262) con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Este valor tan elevado del estadístico t indica una diferencia muy pronunciada entre los grupos comparados, muy superior al umbral necesario para establecer significancia estadística.

El p -valor obtenido de 5.317E-09 (0.000000005317) es extraordinariamente pequeño, siendo aproximadamente 10 millones de veces menor que el nivel de significancia establecido de $\alpha = 0.05$. Este resultado permite rechazar categóricamente la hipótesis nula que postulaba la ausencia de diferencias en los tiempos de cocción entre ambos tipos de cocina.

La probabilidad de que esta diferencia observada sea producto del azar es prácticamente nula, proporcionando evidencia estadística robusta de que las cocinas mejoradas efectivamente reducen significativamente los tiempos de cocción en comparación con los fogones tradicionales.

4.6.2. Prueba de correlación

4.6.3.1. Correlación para la cocina mejorada.

Tabla 17

Correlación cocina mejorada

	Consumo de leña	Tiempo de cocción
Consumo de leña	1	
Tiempo De cocción	0.386808055	1

Magnitud de la correlación: el coeficiente de correlación de 0.387 indica una correlación positiva moderada-débil entre el consumo de leña y el tiempo de cocción en las cocinas mejoradas. Según la clasificación estándar de Cohen, este valor se encuentra en el rango de correlación moderada (0.30-0.49), sugiriendo que existe una relación lineal discernible pero no muy fuerte entre ambas variables.

Dirección de la relación: el signo positivo del coeficiente indica que, en las cocinas mejoradas, a mayor tiempo de cocción tiende a corresponder un mayor consumo de leña, lo cual es consistente con la lógica energética esperada. Sin embargo, la magnitud moderada sugiere que otros factores además del tiempo también influyen significativamente en el consumo de combustible.

Varianza explicada: el coeficiente de determinación (r^2) sería de $0.387^2 = 0.150$, lo que significa que aproximadamente el 15% de la variabilidad en el consumo de leña se explica por el tiempo de cocción en las cocinas mejoradas. Esto indica que el 85% restante de la variabilidad se debe a otros factores como diferencias en la eficiencia térmica individual de cada cocina, variaciones en las

condiciones ambientales, diferencias en el contenido de humedad de la leña, o variaciones en la técnica de operación.

4.6.3.2. Correlación para el fogón.

Tabla 18

Correlación fogón

	Consumo de leña	Tiempo de cocción
Consumo de leña	1	
Tiempo de cocción	0.297893502	1

Magnitud de la correlación: el coeficiente de correlación de 0.298 indica una correlación positiva débil entre el consumo de leña y el tiempo de cocción en los fogones tradicionales. Según la clasificación estándar, este valor se encuentra en el límite entre correlación débil y moderada, sugiriendo que existe una relación lineal discernible pero limitada entre ambas variables.

Dirección de la relación: el signo positivo confirma que, en los fogones tradicionales, a mayor tiempo de cocción tiende a corresponder un mayor consumo de leña, lo cual es consistente con la lógica energética esperada. Sin embargo, la magnitud relativamente baja sugiere que esta relación no es muy fuerte o consistente.

Varianza explicada: el coeficiente de determinación (r^2) es de $0.298^2 = 0.089$, lo que significa que aproximadamente solo el 8.9% de la variabilidad en el consumo de leña se explica por el tiempo de cocción en los fogones tradicionales. Esto indica que el 91.1% restante de la variabilidad se debe a otros factores como pérdidas de calor ineficientes, variaciones en la combustión, diferencias en la transferencia térmica, o factores operacionales inconsistentes.

Implicaciones para los fogones tradicionales:

- **Eficiencia inconsistente:** la baja correlación sugiere que los fogones tradicionales presentan un comportamiento energético menos predecible, donde el tiempo de cocción no es un buen predictor del consumo de combustible. Esto refleja las limitaciones técnicas inherentes a esta tecnología tradicional.
- **Factores influyentes:** la alta variabilidad no explicada (91.1%) indica que en los fogones tradicionales influyen significativamente factores como pérdidas de calor no controladas, combustión incompleta, variaciones en la intensidad del fuego, y diferencias en la distribución del calor.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se determinó que el consumo promedio de leña de *Eucalyptus globulus* en las cocinas mejoradas fue de 30.51 kg, mientras que en los fogones tradicionales alcanzó 41.35 kg. durante los cuatro meses de evaluación, el consumo total registrado fue de 71.85 kg. Estos resultados evidencian que las cocinas mejoradas presentan mayor eficiencia energética, ya que reducen el consumo de leña en aproximadamente 26 % en comparación con los fogones tradicionales.
- Se determinó que el consumo promedio de leña de *Eucalyptus globulus* en la cocina mejorada fue de 3.05 kg por evaluación, acumulando un total de 30.51 kg durante el periodo de estudio. Estos resultados evidencian una eficiencia energética favorable. Además, la consistencia de los valores entre los distintos ítems analizados refleja estabilidad operativa y uniformidad en el rendimiento térmico del sistema.
- Se determinó que el consumo promedio de leña de *Eucalyptus globulus* en la cocina a fogón fue de 4.13 kg por evaluación, alcanzando un total de 41.35 kg durante el periodo de estudio. Este mayor consumo, en comparación con la cocina mejorada, evidencia un uso menos eficiente del

combustible. La diferencia observada se asocia a pérdidas energéticas significativas, principalmente por combustión incompleta y por la disipación de calor hacia el ambiente debido a la ausencia de un sistema adecuado de confinamiento térmico.

- Se realizó la comparación de los tiempos de cocción del maíz (*Zea mays*), observándose que la cocina mejorada alcanzó un tiempo promedio de 75.26 minutos, mientras que el fogón tradicional requirió aproximadamente 113.38 minutos para lograr el mismo grado de cocción. La diferencia de 38.12 minutos evidencia una mayor eficiencia térmica de la cocina mejorada, debido a su capacidad para concentrar y transferir el calor de manera más efectiva, optimizando el aprovechamiento energético de la leña de *Eucalyptus globulus*.
- Se estimó la deforestación anual de *Eucalyptus globulus* (ha/familia/año) en el distrito de Jorge Chávez, considerando una población de 167 familias según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017). Los resultados indican que el uso de cocinas mejoradas genera un valor promedio de 76.63 ha/familia/año, mientras que el uso de fogones tradicionales alcanza 104.17 ha/familia/año. Esta diferencia evidencia un mayor impacto sobre el recurso forestal cuando se emplean tecnologías de cocción menos eficientes.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda en una próxima investigación la medición de contaminantes en el aire como: CO, PM_{2.5} y PM₁₀.
- Evaluar la incidencia de problemas respiratorios, irritación ocular y otros problemas con el uso de las cocinas a leña a través de encuestas y comparar los resultados al usar las cocinas mejoradas.
- Evaluar la posibilidad de combinar las cocinas mejoradas a leña con otras tecnologías, como estufas solares o sistemas de recuperación de calor para aumentar la eficacia y disminuir los impactos ambientales.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS

- Álvarez Pablo, H. J. (2009). *Estudio de cocinas mejoradas empleando leña y bosta como combustible*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]
- Álvarez, H. (2011). Construcción y evaluación de cinco prototipos de cocina mejorada con combustible a base de leña. *Revista de Investigación*, 15(2), 45-62.
- Amaray. (2012). *Energía y desarrollo para zonas rurales / Energy and development for rural áreas*. Cocinas mejoradas. Perú – Lima.
- Bejarano, R. (2017). *Energización rural en comunidades de Guano y Pujilí, a través de la implementación de cocinas mejoradas. Manual de construcción de cocina mejorada*.
- Chávez Chávez, C. G. (2017). *Estudio del efecto altitudinal sobre los indicadores de desempeño energético para cocinas mejoradas a biomasa*. La Paz: UMSA.
- Benilla, J. H. (2013). *Manual de capacitación para el instalador de la cocina mejorada familiar*. Revista ENDEV.
- Fernández Suárez, F. (2006). *Conductividad térmica en sólidos a altas temperaturas*. Scielo, 21.

- Ferriz Bosque, E. (2018). *Empleo del Co-diseño para la mejora de la sostenibilidad en comunidades rurales: Desarrollo de cocinas mejoradas en México*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Madrid].
- Flores Santana, N. A. (2017). *Determinación de calores de combustión de biomasa y su influencia en la cuantificación de rendimientos energéticos de cocinas*. La Paz: UMSA
- Gomero Quinto, N. L. (2015). *Efecto del uso de cocinas mejoradas en la salud de los niños del distrito de “Huasmín” – Celendín – Cajamarca*. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional del Centro del Perú].
- Gorritty Portillo, M. (2014). *Estándares internacionales para pruebas de cocinas mejoradas ISO- TC 285. Centro de Pruebas de Cocinas (CPC) - Bolivia Consultor GIZ - Bolivia/Perú*. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/571>
- Gómez Cortéz, M. (2014). *Emisiones de gases de efecto invernadero y biomasa aérea de cuatro fincas agroecológicas en el área de conservación Tortuguero, Costa Rica*. [Tesis de pregrado, Instituto Tecnológico de Costa Rica].
- López Cardoso, H. Z. (2020). *Diseño y construcción de una cocina mejorada portátil Y elaboración de un catálogo divulgativo*. [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés].
- López San Martín, E. M. E. (2022). *Aporte de un sistema dendroenergético optimizado de cocción a la mitigación del cambio climático y la conservación de los bosques*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina].

- López San Martín, J. M. (2022). *Sistema dendroenergético para la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero en el distrito de Churubamba - Huánuco. Investigación y Desarrollo*, 18(1), 78-95.
- Medina Mendoza, A. (2017). Evaluación de estufas mejoradas Patsari en la reducción de emisiones y consumo de combustible en comunidades rurales. *Tecnología y Ambiente*, 12(3), 123-140.
- Medina Mendoza, P. C. (2017). *Evaluación de la contribución de emisiones y de los parámetros de rendimiento de las estufas eficientes de leña mediante los protocolos WBT/CCT y durante ciclos de cocinado controlado*. [Tesis de posgrado, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo].
- Muñoz Zegarra, M. (2008). *Promoviendo cambios sostenibles para la equidad de género y el desarrollo social a través de las cocinas mejoradas*. Heifer International – Perú.
- Pérez Ramos, A. J. (2017). *FONCODES, el análisis de implementación de la política de cocinas mejoradas a leña y la incidencia en el mejoramiento de las condiciones de vida en usuarios rurales del distrito de Huaricolca, Tarma 2017*. [Tesis de posgrado, Pontificia Universidad Católica del Perú].
- Pérez Ramos, M. (2017). *Implementación de cocinas mejoradas por FONCODES: Impacto en la calidad de vida rural en Huaricolca. Desarrollo Rural*, 8(2), 234-251.
- Quino Villanueva, G. y Torres Muro, H. A. (2019). *Cocina mejorada con horno e intercambiador de calor para calentar agua en zonas rurales y alto andinas*. “Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann”

- Ramírez Etene, O. (2019). *“Evaluación de impacto socioambiental producido por el uso de leña en cocinas mejoradas, en el centro poblado de Mazán, Maynas - Loreto - 2019”*. [Tesis de pregrado, Universidad Científica del Perú].
- Ramírez Quirama, J. F. y Taborda Vergara, A. L. (2014). *Consumo de leña en fogones tradicionales en familias campesinas del oriente antioqueño*. Artículo original. Vol.9, No.1 - 99•114
- Ramírez Quirama, L., y Taborda Vergara, A. (2014). *Análisis de emisiones de carbono por uso de biomasa en 108 familias campesinas del oriente antioqueño*. *Gestión Ambiental*, 17(1), 45-68.
- Remaycuna Alberca, J. J. M. (2019). *Estudio de la capacidad calorífica de la Especie forestal más utilizada como Combustible en las comunidades campesinas de Piruro y San miguel de Pangoray del Distrito de Lajas – Chota – Cajamarca*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén].
- Reyes Aguilera, E. A., Medina Benavides, I. O. y Rodríguez Tinoco, L. L. (2015). *Evaluación de cocinas mejoradas tipo CETA híbrida, dentro del marco del programa terrena, en comunidades vulnerables del departamento de Jinotega*. *Revista Científica de FAREM- Estelí. Medio ambiente, tecnología y desarrollo humano*. N° 15
- Sánchez Jacob, E., Antolín Álvarez, L. y Zapico Maceda, A. (2019). *Promoción de cocinas mejoradas de leña en las montañas Usambara Este, Tanzania*. *Revista. Diseño y Tecnología para el Desarrollo* N° 6: 46-64. 2019 ISSN: 2386-8546
- Sánchez Saldaña, J. E. (2014). *Análisis del uso de recursos de biomasa leñosa en la generación de energía doméstica en la comunidad de Tamshiyacu – Distrito de Fernando Loes, Río Amazonas – 2014*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana].

- Villacorta Regalado, R. (2020). *Demanda de leña y presión sobre recursos forestales en Bambamarca, Cajamarca. Recursos Naturales*, 14(3), 89-105.
- Villacorta Regalado, Y. M. (2020). *Características de la oferta, demanda y factores que influyen en la comercialización de leña en la ciudad de Bambamarca, Cajamarca*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca].
- Villanueva Rojas, G. Q. (2005). *Evaluación comparativa de una cocina tradicional y una cocina mejorada para ahorrar leña. en g. q. Villanueva, evaluación comparativa de una cocina tradicional y una cocina mejorada para ahorrar leña*”. Perú.
- Wong Copaja, E. E., Marengo Murga, V. E. y Butrón Arcaya, W. E. (2022). *Implementación de cocinas mejoradas a leña y la disminución de gases de efecto invernadero (GEI): el caso del proyecto Haku Wiñay/Noa Jayatai en Perú*. Artículo original, Vol. 4, e712, año 2022 ISSN – Online: 2708-3039
- Wong Copaja, R., Silva Torres, M., y Mendoza Palacios, F. (2022). *Implementación de cocinas mejoradas a leña para la disminución de gases de efecto invernadero en el Perú. Energía Sostenible*, 28(4), 412-429.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. Registro fotográfico

Figura 6

Ambiente donde se desarrollaron las pruebas (ejemplo).



Figura 7

Cocina mejorada utilizada durante el estudio.



Figura 8

Cocina tradicional (fogón).



Figura 9

Habilitación de la leña (biomasa) para las pruebas de campo.

**Figura 10**

Medición del peso de leña (biomasa) con balanza electrónica.



Figura 11

Medición de la olla para pruebas de PEA

**Figura 12**

Área de pesado de biomasa (leña).



Figura 13

Puesta en marcha de las pruebas de campo – prueba PEA



Figura 14

Registro de datos durante las pruebas de campo.



Figura 15

Desarrollo de la prueba PEA.



Figura 16

Registro de datos de tiempo y temperatura durante las pruebas de campo



Figura 17

Registro de datos en cocina mejorada.

**Figura 18**

Registro de datos en cocina tradicional (fogón).



Figura 19

Culminación de la prueba PEA.

**Figura 20**

Pesado de la biomasa después de la prueba PEA



Tabla 19

Resultados de la 2ª repetición – 17 marzo de 2025: consumo de leña de Eucalyptus globulus en cocina mejorada y en la cocina a fogón.

Punto	Fecha / Hora	Tipo de cocina	Peso de Olla (kg)	Cantidad Agua (L)	Peso inicial leña (kg) - PI	Peso final leña (kg) - PF	Consumo de Leña (kg) - PC	T° (°C)	H° (%)	Observaciones
P1	17/03/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.967	3.033	92.6	67	Clima nublado, se empezó con una temperatura de 17°C.
	7:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.806	4.194	92.5	67	
P2	17/03/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.027	2.973	92.5	75	Clima nublado, se empezó con una temperatura de 16°C.
	8:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.646	4.354	92.8	75	
P3	17/03/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.474	3.526	92	57	Clima nublado, se empezó con una temperatura de 18°C.
	9:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.468	4.532	92.9	57	
P4	17/03/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.650	3.350	92.1	55	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 18°C.
	10:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.767	4.233	91.4	55	
P5	17/03/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.786	3.214	92.3	56	Clima nublado, se empezó con una temperatura de 20°C.
	11:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.946	4.054	91.1	56	
P6	17/03/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.722	2.278	92.7	69	Clima nublado, se empezó con una temperatura de 20°C.
	12:30 p. m.	Fogón	0.96	4	5	1.006	3.994	91.9	69	
P7	17/03/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.533	2.467	91.2	63	Clima templado, se empezó con una temperatura de 18°C.
	2:00 p. m.	Fogón	0.96	4	5	1.101	3.899	91.1	63	
P8	17/03/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.163	2.837	92.8	58	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 21°C.
	3:30 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.793	4.207	90.5	58	
P9	17/03/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.863	3.137	92.6	70	Clima lluvioso, se empezó con una temperatura de 18°C.
	5:00 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.747	4.253	92.1	70	
P10	17/03/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.256	2.744	92.8	62	Clima lluvioso, se empezó con una temperatura de 17°C.
	6:30 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.810	4.190	92.8	62	

Tabla 20

Resultados de la 3° repetición – 01 abril de 2025: consumo de leña de Eucalyptus globulus en cocina mejorada y en la cocina a fogón.

Punto	Fecha / Hora	Tipo de cocina	Peso de Olla (kg)	Cantidad Agua (L)	Peso inicial leña (kg) - PI	Peso final leña (kg) - PF	Consumo de Leña (kg) - PC	T° (°C)	H° (%)	Observaciones
P1	1/04/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.114	2.886	92.6	82	Clima lluvioso, se empezó con una temperatura de 17°C.
	7:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.849	4.151	92.6	82	
P2	1/04/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.050	2.950	92.4	75	Clima templado, se empezó con una temperatura de 18°C.
	8:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.687	4.313	90.4	75	
P3	1/04/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.944	3.056	92.4	60	Clima nublado, se empezó con una temperatura de 17°C.
	9:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.767	4.233	91.5	60	
P4	1/04/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.862	3.138	92.6	56	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 20°C.
	10:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.737	4.263	91.9	56	
P5	1/04/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.032	2.968	92.7	75	Clima lluvioso, se empezó con una temperatura de 16°C.
	11:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.910	4.090	91.6	75	
P6	1/04/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.101	2.899	92	66	Clima nublado, se empezó con una temperatura de 17°C.
	12:30 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.999	4.001	91.5	66	
P7	1/04/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.100	2.900	92.5	68	Clima nublado, se empezó con una temperatura de 18°C.
	2:00 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.900	4.100	90.4	68	
P8	1/04/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.874	3.126	92.8	70	Clima nublado, se empezó con una temperatura de 17°C.
	3:30 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.790	4.210	92.4	70	
P9	1/04/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.155	2.845	92.4	62	Clima nublado, se empezó con una temperatura de 18°C.
	5:00 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.742	4.258	91.4	62	
P10	1/04/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.293	2.707	92	70	Clima nublado, se empezó con una temperatura de 16°C.
	6:30 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.789	4.211	92.3	70	

Tabla 21

Resultados de la 4° repetición – 15 abril de 2025: consumo de leña de Eucalyptus globulus en cocina mejorada y en la cocina a fogón.

Punto	Fecha / Hora	Tipo de cocina	Peso de Olla (kg)	Cantidad Agua (L)	Peso inicial leña (kg) - PI	Peso final leña (kg) - PF	Consumo de Leña (kg) - PC	T° (°C)	H° (%)	Observaciones
P1	15/04/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.980	3.020	90	72	Clima nublado, se empezó con una temperatura de 17°C.
	7:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.962	4.038	91.1	72	
P2	15/04/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.795	3.205	92.1	62	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 18°C.
	8:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.722	4.278	91.2	62	
P3	15/04/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.178	2.822	92.4	60	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 20°C.
	9:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.650	4.350	91.5	60	
P4	15/04/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.902	3.098	91.5	56	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 21°C.
	10:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.992	4.008	92.2	56	
P5	15/04/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.071	2.929	92.2	65	Clima nublado, se empezó con una temperatura de 16°C.
	11:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.992	4.008	91.2	65	
P6	15/04/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.731	3.269	92	66	Clima nublado, se empezó con una temperatura de 17°C.
	12:30 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.857	4.143	92	66	
P7	15/04/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.196	2.804	92.4	62	Clima templado, se empezó con una temperatura de 18°C.
	2:00 p. m.	Fogón	0.96	4	5	1.001	3.999	91.4	62	
P8	15/04/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.739	3.261	92.5	70	Clima nublado, se empezó con una temperatura de 17°C.
	3:30 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.896	4.104	91.4	70	
P9	15/04/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.935	3.065	92.5	62	Clima lluvioso, se empezó con una temperatura de 18°C.
	5:00 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.935	4.065	91.4	62	
P10	15/04/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.915	3.085	91.3	57	Anocheciendo, se empezó con una temperatura de 16°C.
	6:30 p. m.	Fogón	0.96	4	5	1.056	3.944	91.8	57	

Tabla 22

Resultados de la 5° repetición – 01 mayo de 2025: consumo de leña de Eucalyptus globulus en cocina mejorada y en la cocina a fogón.

Punto	Fecha / Hora	Tipo de cocina	Peso de Olla (kg)	Cantidad Agua (L)	Peso inicial leña (kg) - PI	Peso final leña (kg) - PF	Consumo de Leña (kg) - PC	T° (°C)	H° (%)	Observaciones
P1	1/05/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.971	3.029	91.5	74	Clima nublado, se empezó con una temperatura de 17°C.
	7:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.762	4.238	91.3	74	
P2	1/05/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.905	3.095	92.1	67	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 18°C.
	8:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.827	4.173	91.4	67	
P3	1/05/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.932	3.068	92.2	57	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 20°C.
	9:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.892	4.108	90.8	57	
P4	1/05/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.874	3.126	92.4	63	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 21°C.
	10:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	1.103	3.897	91.1	63	
P5	1/05/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.846	3.154	92.2	54	Clima templado, se empezó con una temperatura de 18°C.
	11:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.799	4.201	91	54	
P6	1/05/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.150	2.850	91.8	68	Clima nublado, se empezó con una temperatura de 17°C.
	12:30 p. m.	Fogón	0.96	4	5	1.088	3.912	91.4	68	
P7	1/05/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.998	3.002	92.4	64	Clima templado, se empezó con una temperatura de 19°C.
	2:00 p. m.	Fogón	0.96	4	5	1.001	3.999	90.2	64	
P8	1/05/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.992	3.008	92.3	78	Clima nublado, se empezó con una temperatura de 16°C.
	3:30 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.804	4.196	91.1	78	
P9	1/05/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.696	3.304	92.3	74	Clima nublado, se empezó con una temperatura de 19°C.
	5:00 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.947	4.053	92.3	74	
P10	1/05/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.112	2.888	91.9	67	Anocheciendo, se empezó con una temperatura de 17°C.
	4:30 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.837	4.163	90.7	67	

Tabla 23

Resultados de la 6° repetición – 15 mayo de 2025: consumo de leña de Eucalyptus globulus en cocina mejorada y en la cocina a fogón.

Punto	Fecha / Hora	Tipo de cocina	Peso de Olla (kg)	Cantidad Agua (L)	Peso inicial leña (kg) - PI	Peso final leña (kg) - PF	Consumo de Leña (kg) - PC	T° (°C)	H° (%)	Observaciones
P1	15/05/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.068	2.932	91.9	51	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 16°C.
	7:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.956	4.044	91	51	
P2	15/05/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.147	2.853	92.2	52	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 16°C.
	8:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.956	4.044	90.9	52	
P3	15/05/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.840	3.160	92.3	54	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 18°C.
	9:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	1.016	3.984	91.8	54	
P4	15/05/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.016	2.984	92.6	62	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 18°C.
	10:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.958	4.042	91.8	62	
P5	15/05/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.166	2.834	92.4	50	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 20°C.
	11:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.801	4.199	91.3	50	
P6	15/05/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.719	3.281	92.3	61	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 20°C.
	12:30 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.854	4.146	92	61	
P7	15/05/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.920	3.080	92.5	59	Clima templado, se empezó con una temperatura de 18°C.
	2:00 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.999	4.001	90.6	59	
P8	15/05/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.971	3.029	91.8	77	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 21°C.
	3:30 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.845	4.155	91.1	77	
P9	15/05/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.042	2.958	92.4	68	Clima lluvioso, se empezó con una temperatura de 18°C.
	5:00 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.934	4.066	92.2	68	
P10	15/05/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.102	2.898	91.7	70	Clima lluvioso, se empezó con una temperatura de 17°C.
	6:30 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.819	4.181	91.6	70	

Tabla 24

Resultados de la 7° repetición – 01 junio de 2025: consumo de leña de Eucalyptus globulus en cocina mejorada y en la cocina a fogón.

Punto	Fecha / Hora	Tipo de cocina	Peso de Olla (kg)	Cantidad Agua (L)	Peso inicial leña (kg) - PI	Peso final leña (kg) - PF	Consumo de Leña (kg) - PC	T° (°C)	H° (%)	Observaciones
P1	1/06/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.946	3.054	92.1	51	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 16°C.
	7:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.985	4.015	91.6	51	
P2	1/06/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.093	2.907	92	62	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 16°C.
	8:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	1.139	3.861	91.1	62	
P3	1/06/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.112	2.888	91.9	54	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 18°C.
	9:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.780	4.220	90.9	54	
P4	1/06/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.096	2.904	92.3	39	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 18°C.
	10:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.848	4.152	90.9	39	
P5	1/06/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.071	2.929	92.1	64	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 20°C.
	11:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.992	4.008	91.4	64	
P6	1/06/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.077	2.923	92.3	61	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 20°C.
	12:30 p. m.	Fogón	0.96	4	5	1.081	3.919	92	61	
P7	1/06/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.827	3.173	92.4	66	Clima templado, se empezó con una temperatura de 18°C.
	2:00 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.945	4.055	90.6	66	
P8	1/06/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.807	3.193	91.8	55	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 21°C.
	3:30 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.840	4.160	91.1	55	
P9	1/06/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.707	3.293	92.5	68	Clima templado, se empezó con una temperatura de 18°C.
	5:00 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.921	4.079	92.3	68	
P10	1/06/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.870	3.130	91.1	72	Anocheciendo, se empezó con una temperatura de 17°C.
	6:30 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.924	4.076	91.2	72	

Tabla 25

Resultados de la 8° repetición – 15 junio de 2025: consumo de leña de Eucalyptus globulus en cocina mejorada y en la cocina a fogón.

Punto	Fecha / Hora	Tipo de cocina	Peso de Olla (kg)	Cantidad Agua (L)	Peso inicial leña (kg) - PI	Peso final leña (kg) - PF	Consumo de Leña (kg) - PC	T° (°C)	H° (%)	Observaciones
P1	15/06/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.054	2.946	92.5	74	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 17°C.
	7:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.910	4.090	90.6	74	
P2	15/06/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.139	2.861	92.3	62	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 18°C.
	8:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.891	4.109	91.8	62	
P3	15/06/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.033	2.967	92.2	53	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 20°C.
	9:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	1.056	3.944	90.8	53	
P4	15/06/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.856	3.144	92.6	60	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 21°C.
	10:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.898	4.102	90.6	60	
P5	15/06/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.063	2.937	92.3	63	Clima templado, se empezó con una temperatura de 18°C.
	11:00 a. m.	Fogón	0.96	4	5	0.992	4.008	91.8	63	
P6	15/06/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.932	3.068	91.8	68	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 17°C.
	12:30 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.995	4.005	91.4	68	
P7	15/06/2025	Mejorada	0.96	4	5	2.028	2.972	92.4	67	Clima templado, se empezó con una temperatura de 19°C.
	2:00 p. m.	Fogón	0.96	4	5	1.001	3.999	90.2	67	
P8	15/06/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.999	3.001	92.3	78	Clima soleado, se empezó con una temperatura de 16°C.
	3:30 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.901	4.099	91.1	78	
P9	15/06/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.981	3.019	92.4	74	Clima nublado, se empezó con una temperatura de 19°C.
	5:00 p. m.	Fogón	0.96	4	5	0.899	4.101	92	74	
P10	15/06/2025	Mejorada	0.96	4	5	1.915	3.085	91.9	67	Anocheciendo, se empezó con una temperatura de 17°C.
	6:30 p. m.	Fogón	0.96	4	5	1.030	3.970	90.7	67	

Figura 21
Detalle de planta y elevación

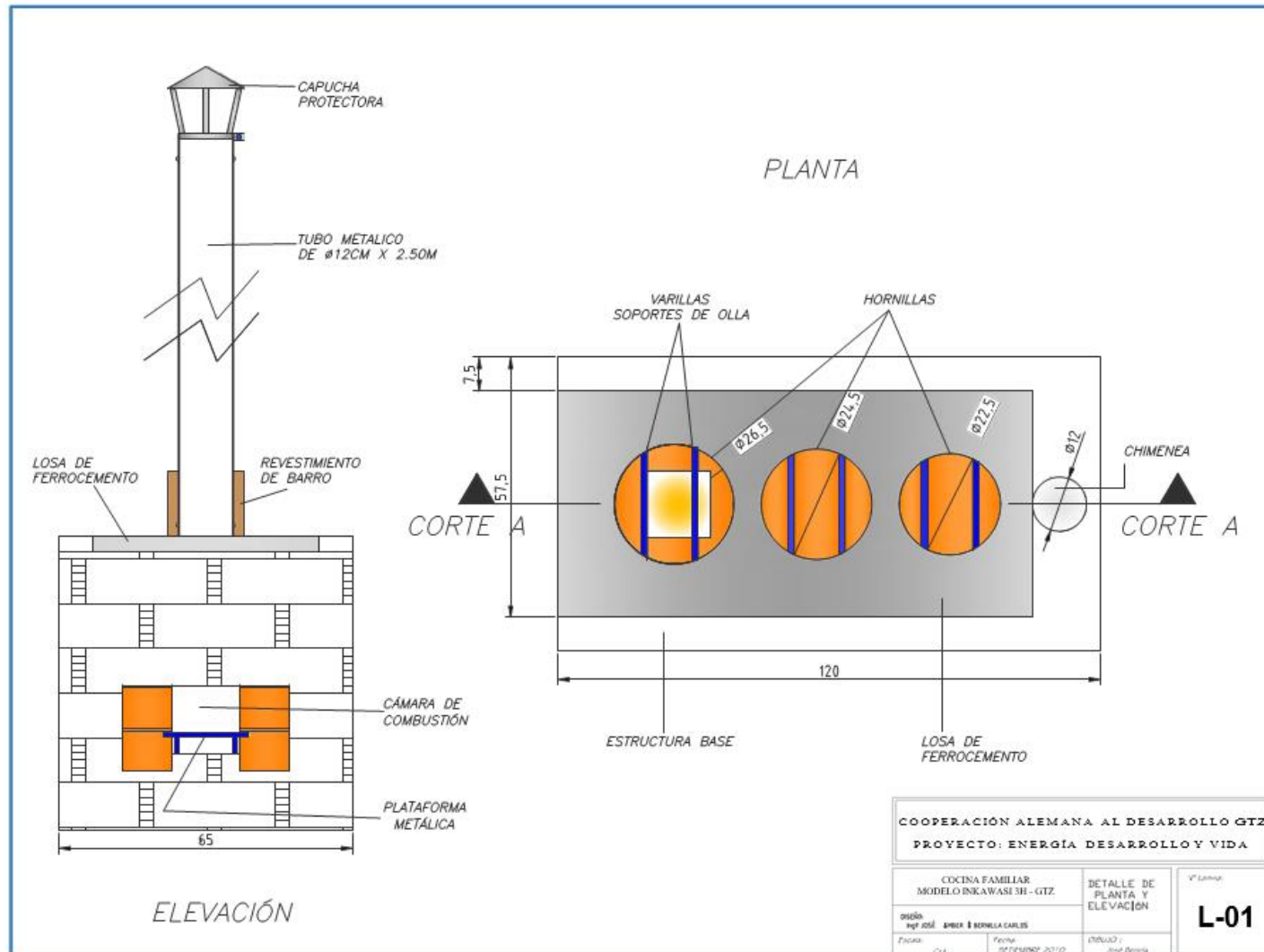
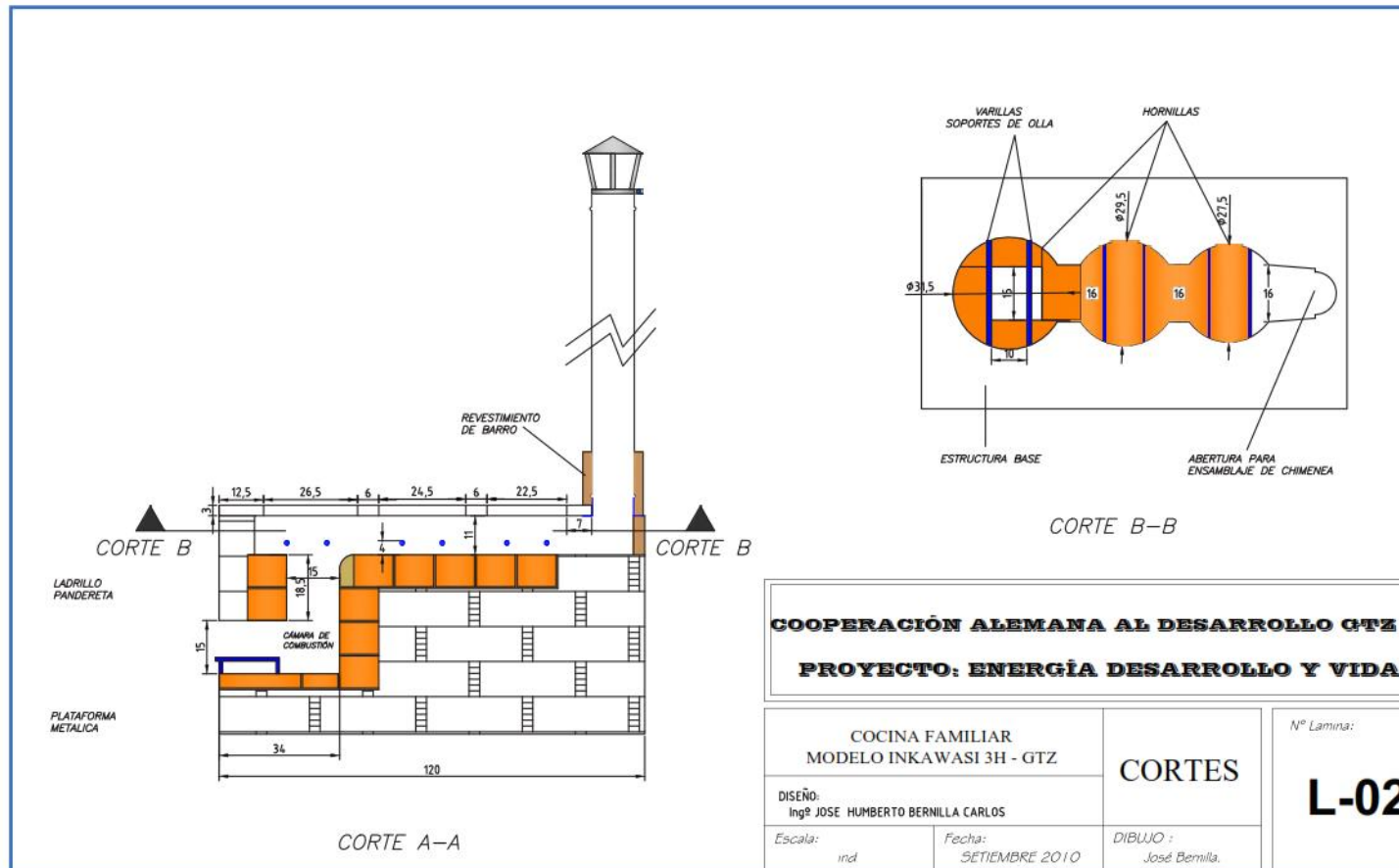


Figura 22
Detalle de cortes



Asesor:

Ing. MCs. Edgar Darwin Díaz Mori