

Mejoramiento De Los Indices Energeticos Y Ambientales Del Comedor De La Ciudad Universitaria De Peru Implementando La Eficiencia Energetica

Improvement Of Energy Indices And Environmental Of The Dining Room Of The University City Of Peru Implementing Energy Efficiency

Manuel Jesús Luna Hernández

Maestro en Gestión Ambiental, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú, mjesuslunah@yahoo.com, ORCID: 0000-0001-7487-8543, <https://scholar.google.com/citations?user=R7fjbncAAAAJ>

Luna Sono Jaime

Maestro en Gestión Pública y Gobernabilidad
Universidad César Vallejo – jalunal@ucvvirtual.edu.pe
Correo: jaimelunasono1@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7374-8149,
https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=jaime+luna+sono&btnG=

Milagros Jeanette Abanto Zorrilla

Maestro en Gestión de Servicios de la Salud, Universidad César Vallejo, Lima, Perú
aabantozo1@ucvvirtual.edu.pe, ORCID: 0000-0001-6092-8626
https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%as_sdt=0%2C5&q=milagro+janette+Abanto+Zorrilla&btnG=

Maribel Rosales Armas

Maestro en Gestión de Servicios de la Salud, Universidad César Vallejo, Lima, Perú
rrosalesar@ucvvirtual.edu.pe, ORCID: 0000-0002-9194-1388
https://scholar.google.escitations?view_op=search_authors&mauthors=Maribel+Rosales+Armas&hl=es&oi=ao

Revista Iberoamericana de la Educación
Vol – Especial 1 2021
e-ISSN: 2737-632x

Abstract: The purpose of the research work is to analyze the level of the energy and environmental indices of the dining room of the university city (CU) of the UNMSM, and to implement measures for its reduction. As part of the service provided by the CU, 140000 rations are offered per year, which

generates an annual fluid energy consumption of 14000 gallons of liquefied petroleum gas (LPG), 11250 gallons of diesel-2 (D-2) and an estimated 107627 kWh of electricity. As a result of the analysis, a set of measures has been proposed to improve the energy and environmental indices of the CU. In this way, it will be possible to reduce fuel consumption by 2425 gal/year (18.5%) and electricity at 28380 kWh/year (26.37%); which means an annual economic saving of US\$ 13547 and a reduction in CO2 emissions of 32.33 tons/year; these improvements will be achieved with an investment of US \$ 14984, recovering the same in about a year.

Key Words: Energy efficiency, energy indices, UNMSM university dining room.

Resumen: El propósito del trabajo de investigación es analizar el nivel de los índices energéticos y ambientales del comedor de la ciudad universitaria (CU) de la UNMSM, y de implementar medidas para su reducción. Como parte del servicio que brinda el CU, se ofertan 140000 raciones anuales, lo que genera un consumo de fluidos energéticos anual de 14000 gal de gas licuado de petróleo (GLP), 11250 gal de diésel-2 (D-2) y una cantidad estimada de 107627 kWh de electricidad. Como resultado del análisis se ha planteado un conjunto de medidas para mejorar los índices energéticos y ambientales del CU. De esa manera se logrará reducir el consumo de combustibles en 2425 gal/año (18.5%) y de electricidad en 28380 kWh/año (26.36%); lo que significa un ahorro económico anual de US\$ 13546 y una reducción de las emisiones de CO2 de 32.15 ton/año; estas mejoras se lograrán con una inversión de US\$ 14984, recuperándose la misma en aproximadamente un año.

Palabras claves: Eficiencia energética, índices energéticos, comedor universitario UNMSM.



INTRODUCTION

Los altos costos productivos de las organizaciones en la manufactura de sus productos y servicios finales, han obligado a las mismas a implementar nuevas técnicas productivas, donde se destaca la eficiencia energética, que permite reducir la inversión en costos de energía, menores impactos ambientales negativos, mayor seguridad y salud en el trabajo; cumpliendo las organizaciones de esta manera con sus compromisos socio-ambientales y logrando ser más competitivas en el mercado nacional e internacional, como afirma Cicone (2007).

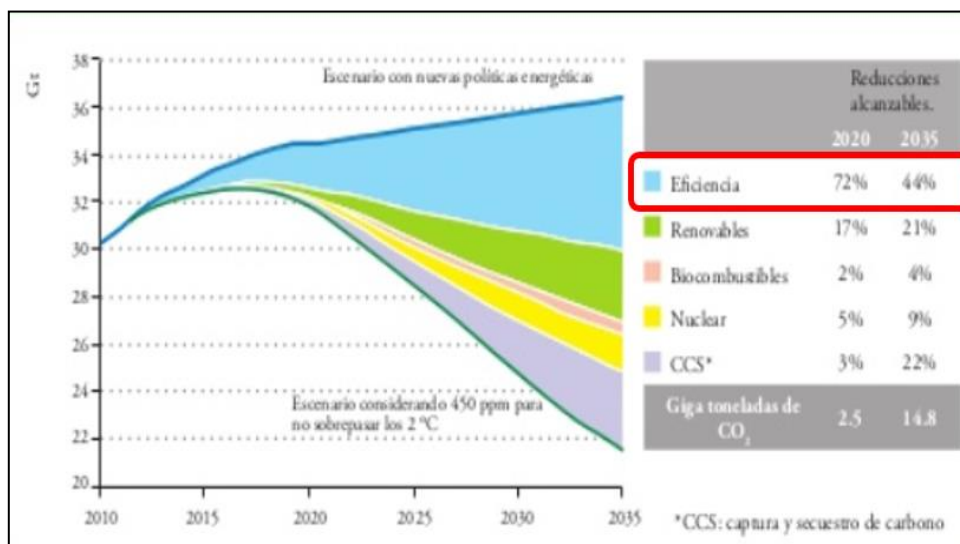
El presente trabajo de investigación permite visualizar, según Campos, Quispe y Vidal (2008), una metodología de cálculo para la reducción de los índices energéticos y ambientales de los gases de efecto invernadero que se generan en el comedor de la ciudad universitaria (CU) de la UNMSM, teniendo como marco de referencia la norma internacional ISO 50001:2001 “Sistema de Gestión de la Energía”.

Las Energías Primarias, son formas de energía provistas por la naturaleza de manera directa, y se utilizan en su estado natural; entre las principales fuentes de energía primarias están: la hidroenergía, el petróleo crudo, el gas natural, el carbón mineral, la biomasa, la energía solar y la eólica. Energías secundarias, son aquellas que provienen de diferentes centros de transformación, como la energía eléctrica de las centrales de generación, o el diesel de las refinerías de petróleo. Tienen como principal característica su uso directo en los diferentes sectores de consumo (industrial, comercial o doméstico) o en otros centros de transformación (como el caso del diesel que es obtenido de la refinería para su empleo en una central térmica, para la generación de electricidad).



De acuerdo con Russell (2003), la eficiencia energética es una técnica que permite reducir la inversión en costos de energía, menores impactos ambientales negativos, mayor seguridad y salud en el trabajo; cumpliendo las organizaciones con su responsabilidad socio-ambiental y logrando ser más competitivas en el mercado nacional e internacional (Figura N° 1).

Figura N° 1: Tecnologías para reducir las emisiones de gases de GEI



Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 2017

La eficiencia energética es una estrategia de competitividad, por lo que fuentes secundarias y expertos aseguran que, al implementarla, las empresas han logrado disminuir sus costos, reducir los riesgos de sus actividades, hacer mejor uso de sus bienes, producir más con menos recursos energéticos, mejorar su posición competitiva y aumentar los márgenes de ganancia, según afirman Campos, Quispe y Vidal (2008).

A continuación, presentamos las categorías y sub categorías que se desarrollaran en la presente investigación:

La **energía térmica** está referida al consumo de diésel-2 en las calderas y de las cocinas industriales que operan con gas licuado de petróleo.

La **energía eléctrica** es utilizada para la operación de motores e iluminación de las principales áreas consumidoras.

De acuerdo a los trabajos realizados en planta, se ha observado bajas eficiencias, las que se deben principalmente a los siguientes motivos:

En el caso de la **energía térmica**, se ha observado que la unidad de calderas no está operando eficientemente, debido a la antigüedad de las calderas y al elevado exceso de aire detectado de acuerdo a las mediciones realizadas, lo que ocasiona un aumento de pérdidas de calor por los gases de chimenea y aumento del consumo de combustible.

Referente a las cocinas industriales, estas operan con un tipo de combustión abierta y cuasi-atmosférica, estando los quemadores expuestos al aire ambiente del área de cocción, por lo que existe perdidas de calor a través de sus entornos, al no estar provistos de tabiquería aislante; llevándose este calor los extractores de aire viciado; debido a estas condiciones de trabajo relacionadas con la temperaturas y presión, las pérdidas de calor en el quemador de las cocinas se acentúan.

Las deficiencias observadas en el sistema de **energía eléctrica**, se deben a la antigüedad de las instalaciones y a la tecnología no eficiente utilizada en iluminación y en motores de potencia.



A este respecto también Hernández, Fernández y Baptista (2003), se preguntan y responden “¿Qué es plantear el problema de investigación?... En realidad, plantear el problema no es sino afinar y estructurar más formalmente la idea de investigación.

A continuación, planteamos el problema general: ¿De qué manera se mejorarán los índices energéticos y ambientales del comedor de la ciudad universitaria, implementando la eficiencia energética?

La justificación es que, se pueden reducir los costos de los servicios en la elaboración de las raciones alimenticias, implementando nuevas técnicas productivas, donde se destaca la eficiencia energética, que permite reducir la inversión en costos de energía, menores impactos ambientales negativos, mayor seguridad y salud en el trabajo, como afirman Fraguera, Carral, e Iglesias (2011); cumpliendo las organizaciones de esta manera sus compromisos socio-ambientales y logrando ser más competitivas en el mercado nacional e internacional.

Por tanto los objetivo del siguiente trabajo de investigación, fue analizar los índices energéticos y ambientales del comedor universitario y proponer medidas que contribuyan a la reducción del uso de combustibles fósiles y reducción de las emisiones de CO₂ hacia la atmósfera, permitiendo el uso racional de los recursos energéticos y atenuando el impacto ambiental negativo que produce los gases de efecto invernadero.

2.0 Materiales y métodos

Descripción de las instalaciones



El comedor de la ciudad universitaria produce en total 3500 raciones entre desayuno, almuerzo y comida, durante 6 días/semana de lunes a sábado. El consumo estimado de fluidos energéticos mensual es de 1400 gal de gas licuado de petróleo (GLP), 1125 gal de diésel-2 (D-2), y una cantidad no determinada de energía eléctrica y agua. De acuerdo a la visita técnica realizada por el Grupo de Investigación (GI) el 25 de marzo del 2017 y los trabajos de planta realizados en el mes de febrero y marzo del 2018 se ha encontrado que las instalaciones y servicios de los fluidos energéticos presentan el siguiente estado situacional:

Energía térmica

- Unidad de calderas

Posee 02 calderas de 50 BHP del año 1974, de marca Metal Empresa, operando alternadamente una por mes, a una presión de 90 PSI; asimismo, hay un calentador de agua que opera a 50 PSI. La salida de vapor de la caldera es de 90 PSI, la cual pasa por un reductor de presión, llegando el vapor a reducirse hasta 10.5 PSI. La caldera es alimentada por un tanque diario de 90 gal de diésel-2, el mismo que a su vez es alimentado por un tanque de almacenamiento de 3000 gal. El mantenimiento de la caldera se realiza cada 6 meses y en el mismo periodo se registra la eficiencia de combustión. También, en esta unidad existe una planta para el tratamiento de agua de calderas.

- Redes y equipos de vapor

El vapor de caldera reducido (10.5 PSI) alimenta a 12 marmitas cuya presión de trabajo es de 7 a 8 PSI; operando durante el desayuno, almuerzo y comida. El agua caliente producida con vapor de 50 PSI se emplea en eliminar la grasa durante la operación de lavado de vajillas.

- Cocinas industriales



Las cocinas industriales se utilizan para el proceso de freído y en la preparación previa de algunos alimentos. Estos equipos operan con GLP y con un tipo de combustión abierta y cuasi-atmosférica, al estar los quemadores expuestos al aire ambiente del área de cocina.

Energía eléctrica

- Tabolas

Operan con resistencia eléctrica, prestando un servicio parecido al baño maría (para mantener los alimentos atemperados mientras se van distribuyendo), y actualmente existe carencia de algunas de estas unidades, según información de los operarios.

- Ascensor

La sala de máquinas del ascensor es pequeña y no tiene ventanas de ventilación, produciéndose recalentamiento del sistema; asimismo, su tablero de control eléctrico no cuenta con línea a tierra.

- Refrigeración

El tablero de control eléctrico y motores del sistema de refrigeración no cuentan con línea a tierra, y son de tecnología antigua.

- Iluminación

En general existen luminarias de 36w ó T8, sin embargo algunas áreas del comedor cuenta con iluminación del tipo T12 ó de 40w; asimismo las luminarias están pavonadas por grasa y polvo. En horas de la noche la iluminación se percibe inadecuada para el tipo de servicios.

El estudio se enfocó en analizar la problemática de la **energía térmica** referida específicamente a la eficiencia de calderas y cocinas industriales, y



en el caso de la **energía eléctrica** se refirió al consumo de motores e iluminación.

3.0 Resultados

Conforme a lo observado en planta durante los días de trabajo de campo y los cálculos justificativos realizados en gabinete durante el desarrollo del presente estudio de investigación, se ha observado que el rendimiento costo-producto(servicio) de la organización puede ser mejorada. Por tanto, considerando lo anterior, se plantea implementar proyectos de mejora que permitan reducir, según sea el caso, la facturación y/o el consumo de energía térmica y eléctrica, para producir la misma cantidad y calidad de raciones alimenticias finales.

Mejoramiento de los índices energéticos y ambientales implementando la eficiencia energética

En base al análisis de la información proporcionada (consumos de combustibles, potencia eléctrica, características técnicas y estado de los equipos); se han realizado los siguientes cálculos:

A. Ahorro de combustible

Ahorro de diésel-2 por optimización de la combustión en la caldera

Descripción: En base a las mediciones realizadas del estado actual de la caldera (ver Cuadro N° 3), se tiene una eficiencia de combustión representativa de 87.6% y teniendo en cuenta el nivel máximo de eficiencia de combustión de 93% (caldera pirotubular de tres pasos sin economizador) que se puede conseguir, la aplicación de las medidas antes mencionadas permitirán un ahorro por caldera de:

$$\text{Ahorro en la caldera} = (1 - 87.6/93) \times 100 = 5.8\%$$



Debido a que el control del exceso de aire no está corregido por oxígeno en forma permanente (tal como en el sistema automatizado) ocurre que entre los períodos de ajuste hay una ligera reducción de la eficiencia de la caldera, por lo que se estima que el ahorro de energía puede alcanzar en promedio un 6% del consumo actual de diésel-2 en la caldera.

Ahorros:

Ahorro de diesel-2 = $0.06 \times 11250 \text{ gal/año} = 675 \text{ gal/año}$

Ahorro económico = $675 \text{ gal/año} \times 10.34 \text{ Sol/gal}$

Ahorro económico = $6980 \text{ Sol/año} (2147 \text{ US\$/año})$

Inversión: Para lograr el ahorro previsto, se requiere realizar una inversión en manómetros en la línea de ingreso a los quemadores y termómetros de gases calibrados en las chimeneas, lo cual se estima en unos US\$ 360.

Por otro lado habrá gastos periódicos en mantenimiento del sistema de combustión de cada caldera, lo cual es muy importante para el control y ajuste periódico del exceso de aire, estimándose en unos 600 US\$/año; pero esto es parte del costo operativo de la caldera.

Por último es necesario contratar a una empresa o profesional especializado en combustión que cuente con un analizador de gases calibrado, quien realizará los ajustes necesarios del quemador como parte del mantenimiento periódico de las calderas. El costo del servicio anual (4 ajustes anuales) es de unos US\$ 400 para la caldera.

Reducción de emisiones de CO₂ por ahorro de diésel-2:

A continuación se calculará las emisiones de CO₂ que se evitaría como consecuencia de los ahorros de energía gracias a las mejoras de eficiencia energética en la caldera planteadas anteriormente.

Para el cálculo correspondiente se ha tomado el factor de emisión calculado por la consultora DEUMAN, basada en datos del IPCC para la quema de diésel-2:



Factor emisión eficaz = 0.01 ton/gal

Emisión CO₂ = Ahorro diesel-2 x Factor emisión eficaz

Emisión CO₂ = 675 gal/año x 0.01 ton/gal

Emisión CO₂ = 6.75 ton/año

Ahorro de GLP por reducción del exceso de aire y pérdidas de calor en las cocinas industriales

Descripción: En base a estimaciones y comparaciones realizados del tipo de cocinas industriales, se tiene una eficiencia actual promedio de 35% y teniendo en cuenta un nivel alcanzable de eficiencia de 40% (cocina mejorada) que se puede conseguir, la aplicación de las medidas antes mencionadas permitirán ahorros de GLP.

Ahorros:

Ahorro en la cocina = $(1 - 35/40) \times 100 = 12.5\%$

Ahorro de GLP = $0.125 \times 14000 \text{ gal/año} = 1750 \text{ gal/año}$

Ahorro económico = $1750 \text{ gal/año} \times 8.00 \text{ Sol/gal}$

Ahorro económico = $14000 \text{ Sol/año} (4307 \text{ US$/año})$

Inversión: Para lograr el ahorro previsto, se requiere realizar una inversión en instalación de tabiquerías metálicas con aislante en el entorno del quemador de las dos cocinas industriales, lo cual se estima en unos US\$ 600. Por último es necesario contratar a una empresa o profesional especializado en combustión que cuente con un analizador de gases calibrado, quien realizará los ajustes necesarios del quemador como parte del mantenimiento periódico de las cocinas industriales. El costo del servicio anual para las dos cocinas (2 ajustes anuales) es de unos US\$ 400 para las cocinas industriales.

Reducción de emisiones de CO₂ por ahorro de GLP:

Para el cálculo correspondiente se han tomado los factores de emisión del IPCC (0.005649 ton CO₂/gal) para la quema de GLP:

Factor emisión eficaz (inferior) = 63600 kg/TJ

Se considera también el Valor Calorífico Neto (VCN) del GLP:

VCN (límite inferior) = 46.2 GJ/ton

Considerando que el GLP tiene una densidad de 510 kg/m³ (a 15°C),
entonces:

$VCN = 23.5 \times 10^{-3} \text{ TJ/m}^3$

Emisión CO₂ = Ahorro GLP x VCN x Factor emisión eficaz

Emisión CO₂ = 1750 gal/año x 23.5 x 10⁻³ TJ/m³ x 63600 kg/TJ x 0.00378
m³/gal

Emisión CO₂ = 9886 kg/año (9.88 ton/año)

B. Ahorro de electricidad

Respecto a la electricidad, el consumo ha ido ganando terreno en el ámbito energético global y las proyecciones elaboradas por fuentes expertas consideran que representará en 2030 una cuarta parte de la demanda final (actualmente está en torno al 15%), según Míguez (2013),

Por cambio a motores de alta eficiencia

Descripción: Existen dos extractores cuyos motores son de 6 HP c/u (ver Cuadro N° 5) que consumen aproximadamente 38.66% de energía (22500 kWh/año) respecto del total estimado para motores (58187.5 kWh/año). La implementación de esta mejora permitiría ahorrar un 30% del consumo de energía eléctrica de esos dos motores.

Ahorros:

0.30 x 22500 kWh/año = 6750 kWh/año

Ahorro % de energía del total anual

$$(6750 / 107627) \times 100 = 6.27 \%$$

Ahorro económico anual

$$6750 \text{ kWh/año} \times S/ 0.4583/\text{kWh} = S/ \mathbf{3093/año (952 US\$/año)}$$

Inversión: La implementación de esta mejora, considera inversiones de 1500 US\$, por reemplazar dos motores defectuosos de mayor operatividad, por otros motores de alta eficiencia.

Ahorro de electricidad por cambio a lámparas ahorradoras tipo LED

Ramirez, Ricoy y Sánchez (2011) consideran que es necesario optimizar el sistema de iluminación, ya que su consumo representa un gasto significativo de electricidad en las empresas.

Descripción: Consumo actual de energía con lámparas fluorescentes de 32W

$$618 \times 32\text{W} \times 10\text{h/día} \times 25\text{día/mes} = 4944 \text{ kWh/mes}$$

Consumo propuesto de energía con lámparas tipo LED de 18W

$$618 \times 18\text{W} \times 10\text{h/día} \times 25\text{día/mes} = 2781 \text{ kWh/mes}$$

Ahorro del consumo anual de energía

$$(4944 - 2781) \text{ kWh/mes} \times 10 \text{ mes/año} = 21630 \text{ kWh/año}$$

Ahorro económico anual de energía

$$21630 \text{ kWh/año} \times S/ 0.4583/\text{kWh} = S/ \mathbf{9913/año (3050 US\$/año)}$$

Ahorro total del consumo anual de energía

$$6750 \text{ kWh/año} + 21630 \text{ kWh/año} = \mathbf{28380 \text{ kWh/año}}$$



Ahorro económico por compra de equipos

Las lámparas tipo LED duran seis (6) veces comparados con los fluorescentes comunes; por tanto, en seis años se invertiría 29664 US\$ en adquirir las lámparas comunes. Asimismo, la implementación de esta mejora, considera inversiones de 11124 US\$, por reemplazar 618 lámparas fluorescentes de 32W por 618 lámparas tipo LED de 18W, de acuerdo a los cálculos:

$$\begin{array}{lcl} 6 \times 618 \times 8 \text{ US\$} & = & 29664 \text{ US\$} \quad (\text{fluorescente común}) \\ 618 \times 18 \text{ US\$} & = & 11124 \text{ US\$} \quad (\text{lámpara tipo LED}) \end{array}$$

Ahorro en seis años = **18540 US\$ (3090 US\$/año)**

Reducción de emisiones de CO₂ por ahorro de electricidad:

Para el cálculo correspondiente se toma como factor de conversión 0.547 kg CO₂/kWh factor correspondiente a la generación del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional del Perú – SEIN.

$$\begin{aligned} \text{Emisión CO}_2 \text{ (kg)} &= \text{Ahorro EE} \times 0.547 = 28380 \text{ kWh/año} \times 0.547 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} \\ &= 15523.86 \text{ kg/año} \end{aligned}$$

En el Cuadro N° 1 se muestra el resumen de las mejoras energéticas, ambientales y económicas logradas en el comedor de la ciudad universitaria, por implementarse las mejoras de eficiencia energética identificadas en el estudio de investigación.

Cuadro N° 1: Resumen de mejoras energéticas, ambientales y económicas en el CU-UNMSM (2018)



Mejora	Ahorros				Inversión / Gastos anuales en mantenimiento			Retorno Inversión (años)
	gal/año	%	US\$/año	CO ₂ ton/año	Concepto	US\$	US\$/año	
Optimización de combustión en la caldera (diésel-2)	675	6.0	2147	6.75	Manómetros, termómetros y ajustes de combustión	760	600	0.63
Reducción del exceso de aire y perdidas de calor en las cocinas (GLP)	1750	12.5	4307	9.88	Instalación y puesta de tabiquería metálica con aislante	600	400	0.23
Total	2425	18.5	6454	16.63		1360	1000	0.36
Electricidad	kWh/año	%	US\$/año	CO ₂ ton/año	Concepto	US\$	US\$/año	
Implementación de variadores de velocidad	6750	6.27	952	3.69	Instalación y puesta a punto de los equipos	1500		1.57
Reemplazo de lámpara fluorescente de 32W por lámpara ahorradora tipo LED de 18W	21630	20.09	3050	11.83	Adquisición e instalación de lámparas ahorradoras	11124		3.64
Ahorro económico por compra de LED, en seis años 18540 US\$			3090					
Total	28380	26.36	7092	15.52		12624		1.78

Ahorro en porcentaje referido a un consumo anual (2017) de diesel-2: 11250 gal/año (costo: S/ 10.34/gal, con un factor de emisión: 0.01 ton CO₂/gal), de GLP: 14000 gal/año (costo: S/ 8.00/gal, con un factor de emisión: 0.005649 ton CO₂/gal), y con tipo de cambio: 1US\$=S/3.25. Para el caso de la electricidad, el consumo referido es: 107627 kWh/año, costo de la energía: S/ 0.4583/kWh, con un factor de emisión: 0.547 Kg CO₂/kWh.

4.0 Discusión

A. Energía Térmica:

Análisis de la Combustión

Para efectos de cálculo de los ahorros de energía y económicos por las mejoras propuestas en este apartado, se ha considerado los siguientes consumos y costos de energéticos (ver Cuadro N° 2).

Cuadro N° 2: Consumos y costos energéticos del CU-UNMSM (2018)

Tipo de actividad	Unidades
Consumo de diésel-2	11250 gal/año
Consumo de GLP	14000 gal/año
Consumo de electricidad (calculado)	107627 kWh/año
Costo de diésel-2	10.34 Sol/gal
Costo de GLP	8.00 Sol/gal
Costo de electricidad	S/ 0.4583/kWh
Horas de operación	2500 h/año



Cambio de moneda	1 US\$ = 3.25 Sol
Operación de calderas	250 día/año
Cantidad de raciones	140000 rac/año
Costo por ración	S/ 5.00/rac

Fuente: Elaboración propia en base a data del personal de CU-UNMSM

Mejora por control del exceso de aire en la caldera

Según los resultados de la observación de la combustión efectuada durante los trabajos de planta se ha notado que la caldera presenta excesos de aire (especialmente en llama baja, por la coloración y simetría de modulación de la llama), corroborado este exceso de aire con datos de mediciones realizadas con el analizador de gases marca TESTO 320 (ver Cuadro N° 3), registrándose una eficiencia de combustión actual representativa en la caldera de 87.6% (máxima eficiencia de combustión 93%, para calderas pirotubular de tres pasos sin economizador). Ello significa que no se está realizando un buen ajuste en los sistemas de combustión o que los quemadores se desajustan con facilidad, lo que no es muy común.

Un elevado exceso de aire, o lo que es lo mismo un alto contenido de oxígeno (O₂) en los gases de chimenea, disminuye la temperatura de llama de los gases de combustión en el quemador, debido a la captación de calor por parte del exceso de aire para elevar su temperatura, dando como resultado una menor transferencia de calor por radiación en el hogar de la caldera y un aumento de la temperatura del gas de escape, con el consiguiente aumento de las pérdidas de calor por la chimenea y consumo de combustible, según afirman Beltran, Rafael (1982).

Si el exceso de aire es reducido por debajo de cierto nivel, que suele ser del 10 al 15% (caso de quemar gas natural) se produce inquemados gaseosos,



como CO, lo cual también trae consigo un incremento en el consumo de combustible.

La presión de inyección del combustible y la turbulencia del aire de combustión son muy importantes para lograr una buena mezcla aire-combustible y una combustión eficiente.

Una mezcla aire-combustible pobre da también como resultado una llama inestable; lo cual a su vez origina una transferencia de calor variable e incontrolada en el hogar de la caldera. Esto último resulta finalmente en una producción inestable de vapor, variación de la presión del mismo y un elevado consumo de combustible.

En la actualidad el control del exceso de aire en las calderas es realizado en forma automática por el quemador mediante un sistema mecánico de varillas y levas que regulan en paralelo la posición de la válvula de ingreso de combustible y la compuerta de aire de combustión en el quemador, mediante un modutrol gobernado por el presuretrol de la caldera.

Cuadro N° 3: Medición de Gases en Caldera METAL EMPRESA de la CU-UNMSM

Parámetros	Mediciones			
	Lectura N° 1 Alta	Lectura N° 2 media	Lectura N° 3 baja	Promedio
Hora	10:34:05	11:54:00	12:30:15	
Temperatura ambiental (°C)	29.1	29.5	31.1	29.9
Temperatura del gas (°C)	246.3	230.2	204.1	226.86
% CO ₂	9.08	10.13	4.07	7.76
% O ₂	6.0	4.1	15.8	8.63

Parámetros	Mediciones			
	Lectura N° 1 Alta	Lectura N° 2 media	Lectura N° 3 baja	Promedio
CO (ppm)	5.0	10	50	21.66
Exceso de aire (%)	61	30.4	192.1	94.5
Eficiencia de combustión (%)	85.9	87.6	79.1	84.2

Fuente: Elaboración propia

Cada 6 meses un técnico externo a la planta realiza ajustes del sistema de combustión del quemador de la caldera con la finalidad de lograr un mínimo de exceso de aire.

Mejorar el control de exceso de aire actual:

Según Termodinámica (2018), las medidas a adoptar serán las siguientes:

- 1) Mantenimiento del quemador poniendo especial énfasis en los siguientes puntos:
 - Limpieza y buen estado del difusor de aire, pues éste elemento garantiza una adecuada turbulencia y distribución del aire de combustión y su mezcla con el combustible.
 - Limpiar regularmente la tobera del quemador de combustible.
 - Inspeccionar las puntas de los electrodos y ajustarlas cuando sea necesario.
 - Mantener limpia la fotocelda.
 - Mantener en buen estado el cono refractario, ello incluye su integridad y ángulo para dar forma a la llama.
 - Las varillas deben estar correctamente ajustadas y lubricadas (no deben tener “juego”).



- Las levas deben funcionar correctamente en todo el rango de modulación.
- 2) Dotar a las calderas de instrumentación adecuada para realizar ajustes de la combustión, tales como:
- Manómetro calibrado en la línea de entrada de combustible al quemador
 - Termómetro calibrado en la chimenea de gases
- 3) Una vez que el mantenimiento del quemador ha sido realizado completamente, recién podrá efectuarse ajustes del exceso de aire. Esto consiste en regular los flujos de aire y combustible mediante el ajuste del mecanismo de varillas y levas que regulan la apertura del damper del ventilador y la válvula de ingreso de gas al quemador respectivamente, y de ser necesario la presión de combustible al ingreso al quemador; de tal manera que se mantenga una relación aire-combustible que logre un mínimo de exceso de aire, (reflejado por la concentración de O₂ en chimenea), en todo el rango de fogueo del quemador. El ajuste del exceso de aire debe ser realizado por una persona calificada con la ayuda de un analizador de gases electrónico (capacidad de medir O₂, CO, temperatura) debidamente calibrado. Se debe reportar análisis de gases antes y después del ajuste de combustión.
- 4) Los ajustes de combustión se deben realizar cada 3 meses por caldera. Los valores objetivo a alcanzar para el quemado de combustible en la caldera serán:
- Exceso de aire: 25 a 30%
 - O₂ = 5 a 6%
 - CO = 200 ppm máximo
 - Opacidad con Índice Bacharach =3 (tres de opacidad)



- Temperatura de gases en chimenea: alrededor de 220 °C en llama alta (tubos de la caldera limpios).
- Llama uniforme y azulada.

Mejora por reducción del exceso de aire en las cocinas industriales

Las cocinas industriales operan con un tipo de combustión abierta y cuasi-atmosférica, por lo que existe excesos de aire primario de combustión y pérdidas de calor por los entornos del quemador; aunado a esto, el exceso de calor que se aplica al proceso de fritura de algunos alimentos; todo este calor es removido por los extractores de aire viciado, los cuales eyectan mayor cantidad de aire caliente, induciendo por tanto el ingreso de mayor cantidad de aire fresco de reposición para compensar la temperatura del entorno de trabajo; asimismo, este entorno tiene que estar a menor presión que la atmosférica, para evitar la salida al exterior de particular de grasa y aromas de los alimentos; debido a estas condiciones de trabajo relacionadas con la temperaturas y presión, las pérdidas de calor en el quemador de las cocinas se acentúan, según Freddy R. (2019) y Alicia D. (2017). Dichos excesos de aire primario y perdidas de calor se pueden corregir instalando tabiquerías alrededor del quemador de las cocinas industriales; asimismo, el exceso de calor suministrado a las frituras, se puede controlar graduando las válvulas de GLP de las propias cocinas, cuando los alimentos llegan a una temperatura determinada.

Instalación de nuevas calderas

En el periodo que estábamos realizando los trabajos de planta (14-03-2018) en la unidad de calderas del comedor de la ciudad universitaria, y mientras ejecutábamos las mediciones de gases de chimenea en las calderas marca Metal Empresa con nuestro equipo portátil TESTO, pudimos observar que



habían adquirido dos nuevas calderas marca EFAMEIN tipo dual de 60 BHP cada una, para que luego sirvan como reemplazo de las dos calderas antiguas en las que veníamos trabando.

B. Energía Eléctrica:

No se conoce la demanda real del sistema eléctrico del comedor de la ciudad universitaria por no contar con medidor específico; por tanto, se ha estimado la demanda en base a cálculos de las principales cargas eléctricas referidas a iluminación y motores, como se muestran en los Cuadros del N° 4, al N° 6.

Cuadro N° 4: Potencias en iluminación en el CU-UNMSM (2018)

Item	Equipo/ubicación	Cantidad	Potencia (W)	Potencia (kW)
1	Lámparas/sótano	105x2	32	6.720
2	Lámparas/1° piso	32x2	32	2.048
3	Lámparas/2° piso	172x2	32	11.008
	Total			19.776

Fuente: Elaboración propia

Energía en iluminación

$19.776 \text{ kW} \times 10 \text{ h/día} \times 25 \text{ día/mes} \times 10 \text{ mes/año} = 49440 \text{ kWh/año}$

Cuadro N° 5: Potencias en motores en el CU-UNMSM (2018)

Item	Equipo	Cantidad	Potencia (HP)	Potencia (kW)
1	Extractores	2	6.0	8.952
2	Compresores	2	3.0	4.476
3	Compresor	1	6.0	4.476
4	Otros	Varios	7.2	5.371

	Total			23.275
--	--------------	--	--	---------------

Fuente: Elaboración propia

Energía en motores

23.275 kW x 10 h/día x 25 día/mes x 10 mes/año = 58187.5 kWh/año

Cuadro N° 6: Consumo de energía en el CU-UNMSM (2018)

Item	Equipo	Consumo (kWh/año)
1	Iluminación	49440.0
2	Motores	58187.5
	Total	107 627.5

Fuente: Elaboración propia

Incidencia de los Costos de Energía en los Costos de los Servicios del Comedor de la Ciudad Universitaria

El comedor durante el periodo 2017 tuvo un consumo de diésel-2 de 11250 gal/año con una facturación de US\$ 35792 al año; el consumo de GLP fue de 14000 gal/año con una facturación de US\$ 34461 al año. Asimismo, el consumo calculado de electricidad fue de 107627 kWh/año, con una facturación en el orden de US\$ 15177 al año. La Cantidad de raciones anual es de 140000, con un costo promedio de S/ 5.00/rac, haciendo que el costo de los servicios ascienda a la suma de US\$ 215385 anualmente.

Cálculos: Factor de incidencia de los costos de energía en los costos de los servicios

= Costos de energía x 100 / costos de servicios anual

= (35792 + 34461 + 15177) x 100 / (215385) = 39.66

El factor de incidencia de los costos del consumo de energía eléctrica y térmica con referencia a los costos de los servicios está en el orden del **40 %**.

Indices Energéticos y Ambientales

Según Campos, Quispe y Lora (2009), los índices nos permiten monitorear los consumos de energía eléctrica y combustibles por unidades de raciones, durante un periodo de tiempo, y fundamentar las causas de esa variación conforme se puede observar en el Cuadro N° 7 y Cuadro N° 8.

Cuadro N° 7: Índices energéticos de electricidad y combustibles por unidades de raciones (2018)

Anual	Ración (Und)	Electr. (kWh)	GLP (gal)	Diésel 2 (gal)	Ind. Electr. (kWh/Und)	Ind. GLP (gal/Und)	Ind. D-2 (gal/Und)
Inicial	140000	107627	14000	11250	0,7687	0,1000	0,0803
Mejorado	140000	79245	12250	10575	0,5660	0,0875	0,0755
Diferencia		28382	1750	675	0,2027	0,0125	0,0048

Fuente: Elaboración propia

El Cuadro N° 7 muestra que entre los índices energéticos iniciales y mejorados de electricidad, GLP y diésel 2 existe una reducción de 26.37%, 12.5% y 6% respectivamente (ver Cuadro N° 1), debido a la implementación de las recomendaciones de eficiencia energética identificadas en el estudio.

Cuadro N° 8: Índices ambientales de electricidad y combustibles por unidades de raciones (2018)

Anual	Racion (Und)	Electr. (kg CO2)	GLP (kg CO2)	D-2 (kg CO2)	Ind. Electr. (kgCO2/Und)	Ind. GLP (kgCO2/Und)	Ind. D-2 (kgCO2/Und)
Inicial	140000	58872	79086	112500	0,4205	0,5649	0,8035
Mejorado	140000	43347	69200	105750	0,3096	0,4943	0,7553
Diferencia		15525	9886	6750	0,1109	0,0706	0,0482

Fuente: Elaboración propia

El Cuadro N° 8 muestra que entre los índices ambientales iniciales y mejorados de electricidad, GLP y diésel 2 existe una reducción de 26.37%, 12.5% y 6% respectivamente (ver Cuadro N° 1), debido a la implementación de las recomendaciones de eficiencia energética identificadas en el estudio.

En base a datos de producción, consumos de energéticos del año 2018 (ver Cuadro N° 2) y los costos de energía antes mencionados, se determina que el costo unitario de la energía consumida por producto es como se muestra en el Cuadro N° 9.

Cuadro N° 9: Costo unitario de la energía por unidad de ración (2018)

Diésel 2 (sol/Und)	GLP (sol/Und)	Electricidad (sol/Und)
0.83	0.80	0.35

Fuente: Elaboración propia

Como se puede deducir del Cuadro N° 9, el costo total de energía para elaborar una ración de alimento es de S/ 1.98, representando el 40% de ese costo que es de S/ 5.00/rac.

5.0 Conclusiones

- Se ha establecido una metodología de cálculo para mejorar los índices energéticos y ambientales del comedor universitario.
- Se logrará reducir el consumo de combustibles en 2425 gal/año (18.5%), lo que significa un ahorro económico anual de US\$ 6454, y una reducción de las emisiones de CO₂ de 16.63 ton/año; estas mejoras se lograrán con una inversión de US\$ 2360, recuperándose la inversión en menos de cinco meses.
- Se reducirá el consumo de electricidad en 28380 kWh/año (26.36%), lo que significa un ahorro económico anual de US\$ 7092, y una reducción de las emisiones de CO₂ de 15.52 ton/año; estas mejoras se lograrán con una inversión de US\$ 12624, recuperándose la inversión en menos de veintidós meses.



- El factor de incidencia de los costos del consumo de energía eléctrica y térmica con referencia al costo de una ración de alimento está en el orden del 40 % del costo total (S/5.00), lo que significa que el costo de los energéticos por cada ración está en el orden de S/ 2.00.

Referencias

- Beltrán, Rafael (1982). “Notas sobre combustión”. Seminario sobre Gestión Energética Empresarial. Facultad de Economía, Universidad de los Andes.
- Campos, J.C., Quispe, E.C., Vidal, J.R., Lora, E. (2008) EL MGIE. Sistema de Gestión Integral de la Energía. Guía para la implementación.
- Campos, J.C., Quispe, E.C., Vidal, J.R., Lora, E. (2008). EL MGIE, un modelo de gestión energética para el sector productivo nacional.
- Campos, J.C., Quispe, E.C., Lora, E. (2009). Nueva herramienta para la medición y el control de la eficiencia energética en la gestión de procesos empresariales.
- Cicone, D., Correa, F., Morales. M. (2007). Atratividade financeira e tomada de decisão em projetos de eficiência energética.
- Fraguela, J. A., Carral, L., Iglesias, G., Castro, A., Rodríguez, M. J. (2011). La integración de los sistemas de gestión. Necesidad de una nueva cultura empresarial.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, L. (2010). Metodología de la investigación, 5ª Edición, Editorial Mc Graw Hill, México.
- Míguez, C. D. (2013). *La Eficiencia Energética en el uso de la biomasa para la generación de energía eléctrica: optimización energética y exergética*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.



Ramirez, Ricoy y Sánchez (2011). Proyecto de eficiencia energética en el sistema de alumbrado en el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, en la Universidad Nacional Autónoma de México.

Russell, C (203). Strategic industrial energy efficiency: reduce expenses, build revenues and control risk. Alliance to Save Energy.

Termodinámica (2018). Ingeniería Proyectos y Servicios. Mejorando la eficiencia de la caldera a través de un control de combustión automático.

Freddy R., Fernando J., Jasmine S. (2019). Análisis Teórico y Experimental de la Potencia, Eficiencia Térmica y Emisiones de Cocinas Industriales que usan Gas Licuado de Petróleo.

Alicia D. M. (2017). Estudio Comparativo de la Eficiencia Térmica y de las Emisiones de Cocinas de Biomasa en Senegal.

