UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

AREA DE LA ENERGIA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

DIPLOMADO SUPERIOR EN GESTION ENERGÉTICA

TESIS

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CERAMICA DE LA UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA

ALUMNOS: ING. RAUL BARRETO CALLE, M.A.E.
ING. EDGAR TORO FERNANDEZ, M.A.E.

JULIO - 2010

DIRECTOR: Ing. Mg. Sc. Daniel Enrique Mahauad Ortega

LOJA **ECUADOR**

CERTIFICACIÓN

Ing. Mg. Sc. Daniel Enrique Mahauad Ortega, CATEDRÁTICO del Área de la Energía, las Industrias y los recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

CERTIFICA:

Que, la presente tesis intitulada “Diagnóstico Energético en la Planta de Producción de Cerámica de la Universidad Técnica Particular de Loja”, previa a la obtención del Diploma Superior en Gestión Energética, de los señores ingenieros: Carlos Raúl Barreto Calle y Edgar Moisés Toro Fernández, ha sido elaborada bajo su dirección y prolijamente revisada por lo que autoriza la presentación y sustentación.

Atentamente,

Ing. Mg. Sc. Daniel Enrique Mahauad Ortega
DIRECTOR DE TESIS

AUTORIA

Las ideas, conceptos, opiniones, conclusiones, recomendaciones y demás criterios vertidos en el presente trabajo investigativo, son de exclusiva responsabilidad de sus autores.

Ing. Carlos Raúl Barreto Calle

Ing. Edgar Moisés Toro Fernández

AGRADECIMIENTO

Los autores del presente trabajo de investigación, queremos expresar un sincero agradecimiento a los directivos, docentes y trabajadores del Nivel de Post Grado del Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja, por su sacrificada labor en la formación profesional del recurso humano de la región sur del Ecuador.

Asimismo, dejamos constancia de nuestro especial reconocimiento al Ing. Daniel Mahauad por la acertada dirección y guía profesional en el desarrollo de esta tesis.

LOS AUTORES

CONTENIDO

Unidades y Equivalencias
Lista de Abreviaturas
Glosario de Términos
1. RESUMEN EN CASTELLANO Y TRADUCIDO AL INGLES 1
1.1. Resumen en Castellano 1
1.2. Summary 2
2. INTRODUCCION 3
2.1. Prólogo 3
2.2. Objetivos 5
2.2.1. General 5
2.2.2. Específicos 5
3. REVISION DE LITERATURA 6
3.1 Desarrollo Energético Sostenible 6
3.2 Eficiencia Energética y Competitividad 8
3.3 Sistemas de Gestión Energética 9
3.4 Evaluación Económica de Sistemas de Gestión Energética 10
3.5 Herramientas para Establecer un Sistema de Gestión Energética 11
3.6 Procedimientos y Herramientas para Organizar un sistema de Monitoreo y Control Energético 13
4. MATERIALES Y METODOS 14
4.1 Métodos de Investigación 14
4.2 Equipos de Medición y Estadísticas 14
5. DESCRIPCION DE LA FABRICA DE CERAMICA DE LA UTPL 15
5.1 Aspectos Generales 15
5.2 Procesos Productivos de la Cerámica 15
5.3 Descripción de los Equipos del Proceso 17
5.4 Distribución de los Consumos de energía 17
6. RESULTADOS 18
6.1 Aplicación de Herramientas de Diagnóstico Energético en la Fábrica de Cerámica de la UTPL 18
6.1.1. Diagramas de Pareto 18
6.1.2. Diagrama Energético Productivo 21
6.1.3. Gráficos de Control Energético 26
6.1.4. Diagramas de Dispersión y Correlación 28
6.1.5. Diagramas de Consumo y Producción 31
6.1.6. Diagrama de Índice de Consumo y Producción 32
6.1.7. Gráficos de Tendencias o Sumas Acumuladas 33
6.2 Determinación de Posibilidades de Ahorro Energético en el Proceso de Producción de Cerámica 34
6.2.1 Potenciales de Ahorro en el Consumo de GLP 35
6.2.2 Potenciales de Ahorro en el Consumo de Electricidad 38
6.2.3 Compensación de Energía Reactiva 39
6.3 Evaluación Económica de Potenciales de Ahorro Energética 41
6.4 Evaluación Ambiental de Potenciales de Ahorro Energético 43
6.5 Directrices Organizacionales del Sistema de Gestión Energética 44
6.6 Comprobación de Hipótesis 45
7. CONCLUSIONES 46

8. RECOMENDACIONES 47
BIBLIOGRAFIA 48

UNIDADES DE MEDIDA

MAGNITUD	UNIDAD	SIMBOLO
Longitud	Metro	m
Área	Metro cuadrado	m^2
Volumen	Metro cúbico	m^3
Masa	Kilogramo	Kg
Tiempo	Segundo	s
	Minuto	M
	Hora	h
Temperatura	Grados Celsius	ºC
Energía Activa	Kilovatio hora	kWh
	Megavatio hora	MWh
	Gigavatio hora	GWh
Energía Reactiva	Kilovoltamperio reactivo hora	kVArh
	Megavoltamperio reactivo hora	MVArh
	Gigavoltamperio reactivo hora	GVArh
Potencia activa	Kilovatio	kW
	Megavatio	MW
Potencia reactiva	Kilovoltamperio reactivo	kVAr
	Megavoltamperio reactivo	MVAr
Potencia aparente	Kilovoltamperio	kVA
	Megavoltamperio	MVA
Tensión	Voltio	V
Corriente	Amperio	A
Resistencia eléctrica	Ohmio	Ω
Capacitancia	Faradio	F
Inductancia	Henrio	H
Frecuencia	Hertzio	Hz
Altura sobre nivel del mar	Metros sobre nivel del mar	msnm

EQUIVALENCIAS

MAGNITUD	SIMBOLO	MAGNITUD	SIMBOLO	EQUIVALENCIA
Gigavatio hora	GWh	Kilovatio hora	kWh	1GWh = 1´000.000 kWh
Megavatio hora	MWh	Kilovatio hora	kWh	1 MWh = 1.000 kWh
Megavatio	MW	Kilovatio	kW	1 MW = 1.000 kW
Kilovoltio	kV	Voltio	V	1 kV = 1.000 V
Dólares de USA	USD	Centavos Dólar	¢USD	1 USD = 100 ¢USD

LISTA DE ABREVIATURAS

MEM	Mercado Eléctrico Mayorista
EERSSA	Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A.
LRSE	Ley de Régimen del Sector Eléctrico
INECEL	Instituto Ecuatoriano de Electrificación
CONELEC	Consejo Nacional de Electricidad
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía
SNI	Sistema Nacional Interconectado
SNT	Sistema Nacional de Transmisión
UTPL	Universidad Técnica Particular de Loja
OPEP	Organización de Países Exportadores de Petróleo
PIB	Producto Interno Bruto
GLP	Gas Licuado de Petróleo
VPN	Valor Presente Neto
TIR	Tasa Interna de Retorno
PRI	Período de Recuperación de la Inversión
RBC	Relación Beneficio Costo
CERART	Cerámicas y Artesanías Lojanas
TEP	Toneladas Equivalentes de Petróleo

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CERÁMICA DE LA UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA

1.- RESUMEN EN CASTELLANO Y TRADUCIDO AL INGLES

1.1.- RESUMEN

La preocupante situación ambiental que enfrenta el Planeta en los últimos años, causada por el indiscriminado consumo de portadores energéticos, en especial derivados de combustibles fósiles y el agobiante problema de desabastecimiento energético del Ecuador, exigen de los diferentes actores de la sociedad, en especial de los sectores productivos y de la instituciones educativas, la búsqueda de la optimización y eficiencia en el consumo de energía, como una vía segura para garantizar el desarrollo sostenible del país enmarcado en la responsabilidad social y ambiental.

El presente trabajo de tesis pretende ser un aporte para consulta, de la aplicación práctica de las diferentes metodologías de diagnóstico energético que se han venido desarrollando en otros países, en especial en la República de Cuba.

En primer lugar, se ha efectuado una revisión literaria sobre la temática del desarrollo energético sostenible, desde la perspectiva de alcanzar la eficiencia energética y la competitividad como una herramienta para promover el desarrollo industrial de la Región Sur del Ecuador, zona geográfica que históricamente ha sido relegada. Se efectúa también una prospección de las metodologías de implantación de sistemas de gestión energética, visualizando las herramientas y procedimientos para organizar los sistemas de monitoreo y control energético y las metodologías de evaluación económica de los proyectos de ahorro energético.

Los resultados del presente trabajo, se sintetizan en la aplicación de las herramientas estadísticas de diagnóstico energético, aplicadas a la planta de producción de cerámica de la Universidad Técnica Particular de Loja denominada CERART, con lo cual se han podido elaborar los gráficos estadísticos de control energético y los diagramas de Pareto, cuyo aporte fundamental radica en la visualización de potenciales ahorros energéticos.

Por tratarse de una tesina, únicamente se plantean las recomendaciones técnicas que permitirán alcanzar dichos ahorros energéticos sin llegar a su desarrollo, evaluando sin embargo su factibilidad económica y ambiental; y finalmente, se establecen los lineamientos generales para implementación del sistema de gestión energética.

1.2.- SUMMARY

The environmental situation that faces the Planet in the last years, caused by the indiscriminate consumption of energy payees, especially derived of fossil fuels and the oppressive problem of energy deficit of the Ecuador, they demand from the different actors of the society, especially of the productive sectors and of the educational institutions, the search of the optimization and efficiency in the energy consumption, like a sure road to guarantee the sustainable development of the country framed in the social and environmental responsibility.

The present thesis work seeks to be a contribution for consultation, of the practical application of the different methodologies of energy diagnosis that you/they have been come developing in other countries, especially in the Republic of Cuba.

In the first place, a literary revision has been made on the thematic of the sustainable energy development, from the perspective of reaching the energy efficiency and the competitiveness like a tool to promote the industrial development of the South Region of the Ecuador, geographical area that historically has been relegated. It is also made a prospecting of the methodologies of installation of systems of energy administration, visualizing the tools and procedures to organize the monitoreo systems and energy control and the methodologies of economic evaluation of the projects of energy saving.

The results of the present work, are synthesized in the application of the statistical tools of energy diagnosis, applied to the plant of production of ceramic of the Technical University Peculiar of denominated Loja CERART, with that which you/they have been able to elaborate the statistical graphics of energy control and the diagrams of Pareto whose fundamental contribution resides in the visualization of potential energy savings.

To be a tesina, they only think about the technical recommendations that will allow to reach this energy savings without arriving to their development, evaluating their economic feasibility however and it sets; and finally, the general limits settle down for implementation of the system of energy administration.

2.- INTRODUCCION

2.1.- PROLOGO

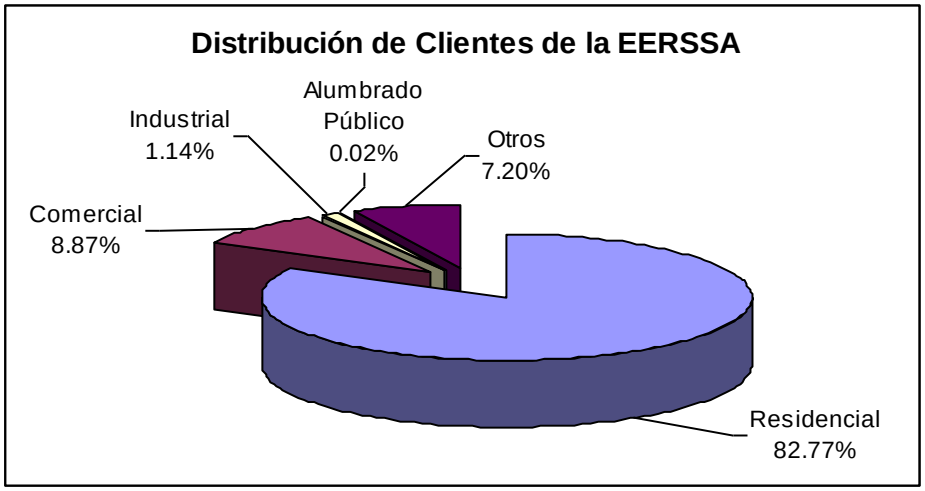
En una economía globalizada, la competitividad es uno de los parámetros más importantes que debemos tratar de mejorar. Esta mejora puede alcanzarse a través de la reducción de los costos, dentro de los cuales están los gastos por consumo de energéticos, que además de reducir los costos de producción, tienen la ventaja adicional de prolongar la duración de las reservas energéticas y preservar el medio ambiente [3].

Por ello es necesario que los sectores productivos y de servicios, tengan activa participación en programas y planes de eficiencia energética, que permitan alcanzar niveles óptimos de eficiencia y competitividad, siendo necesario contar con un adecuado manejo de información y capacitación en el uso eficiente de la energía al personal de todo nivel en las empresas.

En este contexto, cobra importancia trascendental la ejecución de un adecuado diagnóstico energético, que posibilite establecer las políticas y la planificación energética estratégica al interior de las organizaciones, de corto, mediano y largo plazo, en el cual se formulen estrategias de desarrollo, con metas cuantificables y el seguimiento de su implementación, para alcanzar objetivos de seguridad energética, uso eficiente y bajo costo, minimizando los impactos negativos sobre el medio ambiente [2].

La región sur del Ecuador formada por las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, carece de un desarrollo industrial considerable, según las estadísticas de venta de energía de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. (EERSSA), únicamente el 1.14% de los clientes asentados en su área de concesión, corresponden a este sector, lo cual puede observarse en el siguiente gráfico.

Gráfico 1: Distribución Porcentual del Número de Clientes de la EERSSA

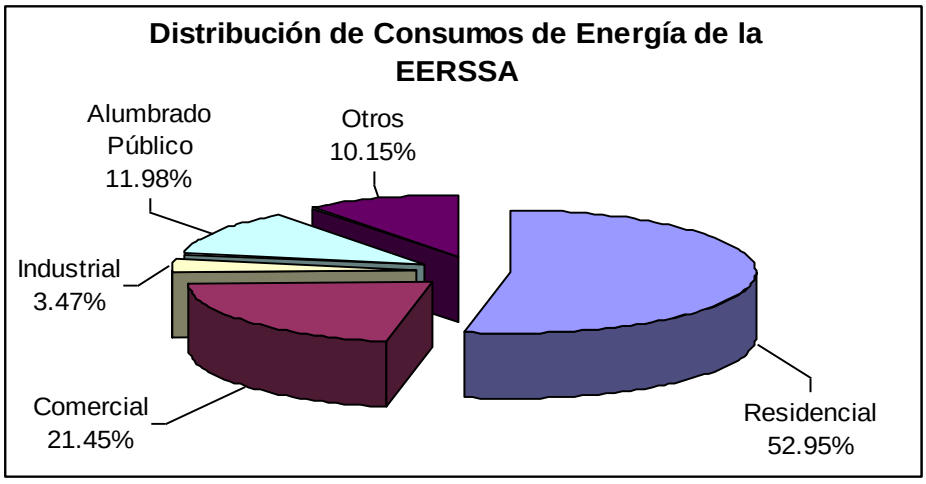


Fuente: Datos Estadísticos de la EERSSA

Si se analiza el consumo de energía eléctrica el resultado es similar, teniéndose que

apenas el 3.47% de la demanda de energía de la EERSSA corresponde al sector industrial, lo cual se indica a continuación.

Gráfico 2: Distribución Porcentual del Consumo de Energía de los Clientes de la EERSSA



Fuente: Datos Estadísticos de la EERSSA

Entre las razones del escaso desarrollo industrial de la zona, que han sido identificadas por varios estudios y análisis sobre esta problemática, se tienen: La ubicación geográfica desfavorable, la lejanía de los principales centros de consumo y de recursos del país, la marginación y abandono del gobierno central, los altos índices de migración de su población y los elevados costos de producción entre los que se tiene los costos energéticos.

Todos estos factores conllevan desventajas competitivas que no han permitido alcanzar un desarrollo industrial sostenible.

En este contexto, resulta difícil encontrar grandes empresa industriales en la zona, únicamente se registran una pocas pequeñas empresas dedicadas básicamente a la producción de alimentos (azúcar, embutidos, productos lácteos, condimentos, etc.)

Entre las pequeñas empresa asentadas en la ciudad de Loja, tienen importancia significativa los emprendimientos desarrollados por la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), que realiza actividades empresariales relacionadas con el turismo, productos lácteos, cerámica y otros.

El presente trabajo justamente pretende realizar el diagnóstico energético en la planta de producción de cerámica de la UTPL la cual está constituida por dos líneas de producción de cerámica denominadas Yapacunchi y Ñucanchik y en la cual se fabrican artículos de cerámica de uso o de mesa y de cerámica artística o decorativa

2.2.- OBJETIVOS

2.2.1.- OBJETIVO GENERAL

Efectuar el Diagnóstico Energético en la planta de producción de cerámica de la Universidad Técnica Particular de Loja.

2.2.2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la eficiencia global en el uso de la energía disponible.
- Establecer los niveles de consumo de energía en el proceso productivo.
- Proponer recomendaciones tendientes a alcanzar ahorros energéticos con inversiones rentables.
- Establecer los lineamientos y directrices para el monitoreo y seguimiento permanente del sistema de gestión energética, buscando su sostenibilidad.

3.- REVISION LITERARIA

3.1.- DESARROLLO ENERGETICO SOSTENIBLE

El aparecimiento de diferentes fenómenos políticos, económicos y ambientales en las últimas cuatro décadas, ha dinamizado la implementación de programas de eficiencia energética en el mundo. Especial connotación en este proceso tienen los acontecimientos suscitados en octubre de 1973, cuando la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) incrementó el precio del petróleo de 1.6 a casi 10 dólares el barril, desencadenando la consiguiente crisis económica a nivel mundial en especial en los países importadores de petróleo, obligando a los países desarrollados a analizar la posibilidad de utilizar fuentes renovables de energía en sustitución del petróleo [3].

Entre las alternativas implementadas por estos países se ejecutaron proyectos para intensificar la utilización de las energías renovables como la solar y la eólica, además de programas nucleares intensos para generación de energía eléctrica.

Concomitantemente, se diseñaron e implementaron programas de ahorro de energía, los cuales se basan en explorar los denominados “yacimientos del ahorro”, mediante la mejora de los hábitos de consumo, la utilización de equipos eficientemente energéticos en todos los sectores de consumo y el mejoramiento de la arquitectura de edificios, fábricas y viviendas. Estos programas de manejo de la demanda conllevan disminución en el crecimiento de la demanda y por lo tanto ahorro en la inversión para la construcción de centrales de generación y nuevas fuentes de energía, lo que supone un beneficio económico para la propia población que es quién finalmente financia dichas inversiones a través de las tarifas.

Como resultado de estos programas se consiguió que el Producto Interno Bruto (PIB) continuara creciendo, mientras que su consumo total de energía prácticamente se estancara y en algunos casos se consiguieron incluso disminuciones en los consumos de petróleo, con lo que se logró una tendencia a la disminución en la intensidad energética (relación entre el consumo energético total en barriles equivalentes de petróleo – BEP y el PIB en dólares).

Otro factor importante en la evolución de la eficiencia energética, tuvo lugar en la década del 80, con la intensificación de la internacionalización de la economía (globalización) que obligó a los países a ser competitivos en los diferentes mercados, para lo cual debían reducir sus costos de producción, incluidos los costos energéticos.

En la actualidad, la sobreexplotación de los recursos energéticos naturales no renovables, en especial los provenientes de combustibles fósiles, han ocasionado cambios dramáticos en el medio ambiente. En este ámbito, el desarrollo energético sostenible toma importancia trascendental en búsqueda de la supervivencia, para lo cual se requieren las siguientes direcciones estratégicas [1].

a) Desarrollar programas de educación energética ambiental a todos los niveles.
b) Promulgar legislaciones que promuevan el incremento de la eficiencia energética tanto en la generación como en los equipos de uso final de la

energía.

c) Reflejar en las evaluaciones económicas los costos reales o totales de la producción energética.

d) Establecer preferencias impositivas para las tecnologías energéticas renovables.

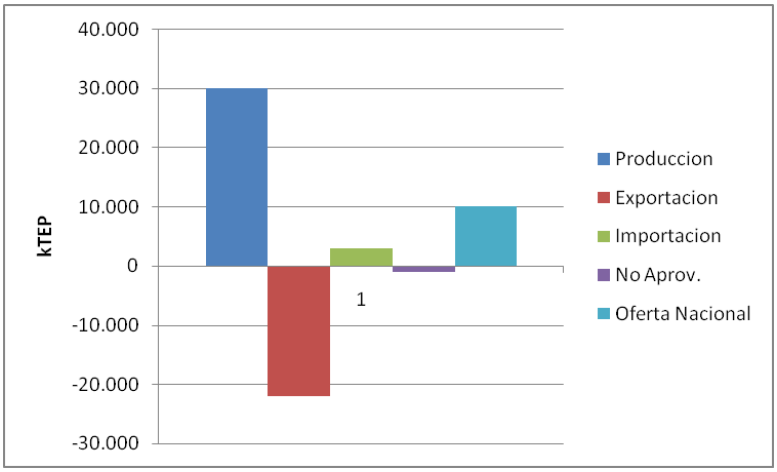
e) Ofrecer facilidades y apoyos financieros para la introducción de fuentes renovables y equipos de uso final y tecnologías de alta eficiencia.

f) Incrementar el financiamiento para las investigaciones relacionadas con estas direcciones.

En el caso del Ecuador, su crecimiento económico y social, su avance y desarrollo industria, la tecnología y la evolución de los estilos de vida hacen indispensable la planificación energética estratégica. En la década de los 90s, se promovió la participación del sector privado en la provisión de la oferta energética nacional, sin dar los resultados esperados, por lo que en la actualidad se pretende nuevamente ir hacia un modelo estatal en donde el gobierno se encargue de la planificación y desarrollo del sector energético, buscando tener una referencia del sistema energético actual y la visión de la posible trayectoria del mismo, que permita atender a futuro los requerimientos crecientes de la demanda con eficiencia.

En la actualidad, si bien la balanza comercial energética del Ecuador es positiva, lamentablemente el país exporta crudo e importa derivados del petróleo y energía eléctrica, lo que perjudica las finanzas del estado. Asimismo, se evidencia la incapacidad del estado para cubrir la demanda nacional de portadores energéticos, dando como resultado el desabastecimiento en especial de electricidad.

Gráfico 3: Balanza Comercial Energética del Ecuador [2]



Fuente: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable

Conforme a la tendencia mundial, el país también experimenta incremento en la penetración de combustibles fósiles y un moderado avance de la hidroelectricidad, en donde se refleja un consumo final de energía con predominio notable del sector de la transportación con el uso en especial de gasolina y diésel, cuyos precios son subsidiados por el estado. En el sector industrial por su parte predomina el consumo de Gas Licuado de Petróleo (GLP), electricidad, Diésel Oil y fuel Oil,

Tabla 1: Distribución de los Consumos de Energía por Sectores de la Producción [2]

CONSUMO SECTORIAL DE ENERGIA

Fuente	Residencial	Industrial	Transporte	Comercial
	kTEP	kTEP	kTEP	kTEP
Gas Licuado Petróleo	960	80		
Electricidad	340	300	400	240
Leña	220	40		
Productos de Caña		80		
Diesel Oil		320	2.350	140
Fuel Oil		780		15
Gasolina			1.650	5
TOTAL	1.520	1.600	4.400	400

Fuente: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable

Con estos antecedentes, el Estado ha impulsado una serie de proyectos destinados a mejorar la matriz energética nacional, como son la construcción de centrales hidroeléctricas, el fomento para el desarrollo de fuentes de energía renovables, la ejecución de programas de sustitución de derivados del petróleo (uso de etanol y biodiesel), y programas de uso eficiente de energía.

3.2.- EFICIENCIA ENERGETICA Y COMPETITIVIDAD [1]

La eficiencia energética, entendida como la eficiencia en la producción, distribución y uso de la energía necesaria para garantizar calidad total, es parte del conjunto de problemas que afectan la competitividad de las empresas e instituciones e implica lograr los requisitos establecidos por el cliente con el menor gasto energético posible y la menor contaminación ambiental por este concepto.

Para un empresario, uno de sus objetivos estratégicos para alcanzar la competitividad es lograr la mayor calidad de los productos al menor costo de fabricación, para de esta manera tener una mejor posición en el mercado e incrementar sus utilidades.

Un incremento en la eficiencia energética reduce los costos de producción, por lo que mejora la competitividad de la empresa sin disminuir la calidad, con un beneficio ambiental inmediato ya que implica disminución del uso de los recursos naturales y en la emisión de contaminantes.

Para evaluar los cambios generados por la eficiencia energética, se utiliza como indicador el consumo específico de energía o índice de consumo, que se define como la cantidad de energía por unidad de actividad, medida en términos físico (productos o servicios) [1].

Entre las principales oportunidades que se ha podido identificar para el incremento de la eficiencia energética se tienen:

- Introducción de tecnologías de alta eficiencia energética en la industria.
- Incremento de la educación energética ambiental y la promoción del ahorro de energía a todos los niveles.
- Elevación del nivel de gestión energética empresarial.
- Reforzamiento institucional en el campo de la eficiencia energética.

Por otra parte, entre las causas de la insuficiencia en la gestión energética empresarial se pueden señalar:

- Insuficiente análisis de los índices de eficiencia energética.
- Desconocimiento de la incidencia de cada portador energético en el consumo total,
- Falta de identificación de índices físicos y su ordenamiento por prioridad.
- Falta de identificación de los trabajadores que más inciden en el ahorro y la eficiencia energética.
- Insuficiente divulgación de las mejores experiencias.
- Insuficiencias en los sistemas de información estadística.
- Falta de apreciación de la eficiencia energética como una fuente energética importante.

3.3.- SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA [1]

La Gestión Energética es un subsistema de la gestión empresarial y comprende las actividades de administración y aseguramiento que le confieren la aptitud a la empresa de satisfacer eficientemente sus necesidades energéticas.

Entre los conceptos básicos de la gestión energética se tienen:

- Deben controlarse el costo de las funciones o servicios energéticos y no el costo de la energía primaria.
- Concentrar los esfuerzos en el control de las principales funciones energéticas.
- Organizar el programa orientado al logro de resultados y metas concretas.
- Realizar el mayor esfuerzo dentro del programa a la instalación de equipos de medición.
- Atacar las causas de los problemas y no los efectos.
- Procurar una mejora integral en todo el sistema y no efectuar esfuerzos aislados.
- Detectar y cuantificar adecuadamente los potenciales de ahorro
- No considerar las soluciones como definitivas.

Las direcciones estratégicas en los programas de uso racional de la energía son:

a) **El ahorro de energía,** entendiéndose por ello la eliminación de despilfarros de uso innecesario de energía.
b) **La conservación de energía,** en el sentido de mejorar la eficiencia en los procesos de provisión, distribución y uso final de la energía.
c) **La sustitución de fuentes de energía,** con el objetivo de reducir costos y mejorar la calidad de los productos.

Para ello se debe ejecutar tres etapas:

- Análisis preliminar de los consumos energéticos.
- Formulación de un programa de ahorro y uso racional de la energía (Planes de Acción)
- Establecimiento de un sistema de monitoreo y control energético.

3.4.- EVALUACION ECONOMICA DE SISTEMAS DE GESTION ENERGETICA [1]

Pretende mostrar las ventajas económicas de los proyectos de ahorro de energía, de tal forma que se pueda tomar la mejor decisión para garantizar la implementación de proyectos sustentables.

Para el efecto se aplicará el método de evaluación de proyectos, que toma en consideración el valor del dinero en el tiempo al analizar los beneficios y costos esperados durante la vida útil del equipamiento. En este método se evalúan los flujos de caja futuros descontados a valor presente, siendo los flujos de caja la diferencia neta entre beneficios y costos en cada uno de los años, y tomando como convenio que las entradas a caja (ingresos) son positivas y las salidas (gastos) son negativas, con lo cual se pueden evaluar los balances anuales entre costos y beneficios.

Valor Presente Neto (VPN).- Esta técnica se basa en calcular el valor presente neto de los flujos de caja proyectados para todos los años durante el período de evaluación del proyecto. Es una medida de las ganancias que pueden reportar el proyecto, siendo positivo si el saldo entre beneficios y gastos es favorable y negativo en caso contrario.

Se determina como:

Fórmula 3.1.

$$VPN = -K_0 + \sum_{i=1}^{n} \frac{Fc_i}{(1+D)^i}$$

Donde:

Ko = Inversión o capital inicial
FCi = Flujo de caja del año i
D = Tasa de descuento real utilizada
n = Vida útil del equipamiento

Tasa Interna de Retorno (TIR).- Se define como aquella tasa de descuento que reduce a cero el Valor Presente Neto. En términos económicos, la TIR representa el porcentaje o tasa de interés que se gana sobre el saldo no recuperado de la inversión, de tal forma que al finalizar el período de evaluación o vida útil, el saldo no recuperado sea igual a cero.

Analíticamente, la TIR se determina como:

Fórmula 3.2

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^{n} \frac{Fc_i}{(1+TIR)^i}$$

Período de Recuperación de la Inversión (PRI).- Es el tiempo en que se recupera la inversión inicial para una tasa de descuento D considerada. Se calcula como el momento para el cual el VPN se hace cero.

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^{n} \frac{Fc_i}{(1+D)^i}$$

Fórmula 3.3

Relación Beneficio – Costo (RBC).- Se determina como la relación entre el Valor Presente Neto de los Beneficios (VPNB) y el Valor Presente Neto de los Costos (VPNC).

Fórmula 3.4

$$RBC = \frac{VPNB}{VPNC}$$

El rango de valores límites para que el proyecto sea económicamente viable es:

Tabla 2: Valore límites para evaluación de proyectos

Técnica de Evaluación	Rango adecuado
VPN, USD	VPN > 0
TIR, %	TIR > D
PRI, años	PRI ≤ n
RCB	RBC ≥ 1

3.5.- HERRAMIENTAS PARA ESTABLECER UN SISTEMA DE GESTION ENERGETICA [1]

Diagrama Energético - Productivo.- Consiste en desarrollar el flujograma del proceso productivo, agregándole todas las entradas y salida de materiales y de energía con sus magnitudes características para los niveles de producción típicos de la empresa.

Gráficos de Control.- Los gráficos de control son diagramas lineales que permiten observar el comportamiento de una variable en función de ciertos límites establecidos y se usan como instrumentos de autocontrol.

En la mayor parte de los procesos productivos se tiene un comportamiento denominado normal, es decir existe un valor medio M del parámetro de salida muy probable de obtener y a medida que nos alejamos de este valor medio la probabilidad de aparición de otros valores de este parámetro cae bruscamente, si no aparecen causas externas que alteren el proceso hasta hacerse prácticamente cero. Para desviaciones superiores a tres veces la desviación estándar (3σ) del valor medio (límite superior e inferior de control), se pueden detectar síntomas anormales actuando en alguna fase del proceso y que influyan en desviaciones del parámetro de salida controlado.

Gráfico de Consumo y Producción en el Tiempo (E-P vs. T).- Consiste en un gráfico que muestra la variación simultánea del consumo energético con la producción realizada en el tiempo. El gráfico se realiza para cada portador energético importante

de la empresa y puede establecerse a nivel de empresa, área o equipos.

Diagramas de Dispersión y Correlación.- Es un gráfico que muestra la relación entre 2 parámetros. Su objetivo es mostrar en un gráfico (*x, y)* si existe correlación entre dos variable y en caso de que exista que carácter tiene esta correlación.

Diagrama de Consumo – Producción (E vs. P).- Para las empresas industriales y de servicios, realizar un diagrama de dispersión de la energía usada por mes u otro período con respecto a la producción realizada o los servicios prestados durante ese mismo período, revela importante información sobre el proceso.

Este gráfico de E vs. P puede realizarse por tipo de portador energético y por áreas considerando en cada caso la producción asociada al portador en cuestión. Una planta de producción graficará el consumo de combustible o electricidad versus la cantidad de productos elaborados.

Diagrama Índice de Consumo – Producción (IC vs. P).- Este diagrama se realiza después de haber obtenido el gráfico E vs. P y la ecuación:

Ecuación 3.5

$$\boxed{E = mP + Eo}$$

Donde:

E	=	Consumo de energía en el período seleccionado
P	=	Producción asociada en el período seleccionado
m	=	Pendiente de la recta que significa la razón de cambio medio del consumo de energía respecto a la producción.
Eo	=	Intercepto de la línea en el eje Y, que significa la energía no asociada a la producción
mP	=	Es la energía utilizada en el proceso productivo

El gráfico IC vs. P es una hipérbola equilátera, con asíntota en el eje X, al valor de la pendiente m de la Ecuación 3.5.

Gráfico de Tendencias o de Sumas Acumuladas (CUSUM).- Este gráfico se utiliza para monitorear la tendencia de la empresa en cuanto a la variación de sus consumos energéticos, con respecto a un período base de comparación dado. A partir de este gráfico también puede determinarse cuantitativamente la magnitud de la energía que se ha dejado de consumir o se ha consumido en exceso con relación al comportamiento del período base hasta el momento de su actualización.

Diagrama de Pareto.- Los diagramas de Pareto son gráficos especializados de barras que presentan la información en orden descendente, desde la categoría mayor a la más pequeña en unidades y en porciento. Los porcentajes agregados de cada barra se conectan por una línea para Mostar la suma incremental de cada categoría respecto al total. El diagrama de Pareto es muy útil para aplicar la Ley de Pareto o Ley 80-20 que identifica el 20% de las causas que provocan el 80% de los efectos de cualquier fenómeno estudiado.

3.6.- PROCEDIMIENTOS Y HERRAMIENTAS PARA ORGANIZAR UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL ENERGETICO [1]

El procedimiento a seguir para la organización de un sistema de monitoreo y control de energía, consta de las siguientes etapas:

a) Establecimiento de los objetivos de control
b) Establecer indicadores de control
c) Establecer variables de control
d) Establecer herramientas de medición de indicadores de control
e) Establecer estándares.
f) Establecer herramientas de comparación de indicadores con estándares
g) Establecer herramientas para determinación de causas de la desviación del indicador respecto al estándar.

El correcto aprovechamiento de la información obtenida permite tomar las acciones correctivas que contribuyan a alcanzar los objetivos previstos de eficiencia energética.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1.- METODOS DE INVESTIGACION

En el análisis de la demanda de portadores energéticos y su proyección, se emplearán los métodos de medición, estadística y modelación.

Para la evaluación de la eficiencia energética, la determinación de las posibles causas de pérdidas de energía y la planificación de las medidas de reducción y optimización, se empleará el método de modelación para lo cual se efectuará como procedimiento el análisis de las diversas partes que componen el sistema de producción y posterior síntesis para encontrar las posibles interacciones que existe entre ellas.

Para la verificación de la hipótesis se utilizará el método hipotético – deductivo, para lo cual se planteó la siguiente hipótesis:

"La implementación del diagnóstico energético, permitirá formular las recomendaciones técnicas para el uso eficiente de la energía en la planta de producción de cerámica de la Universidad Técnica Particular de Loja"

4.2.- EQUIPOS DE MEDICION Y ESTADISTICAS

En la ejecución del presente trabajo se utilizaron los siguientes equipos de medición e información estadística:

- Medidor Estado Sólido ABB, Trifásico Cuatro Hilos A1RL+, No. 30360/03746496, medidor tipo ALPHA Plus, totalizador electrónico polifásico de electricidad, tiene registro integral de colección, procesamiento y almacenamiento de la energía utilizada y demanda de potencia, cumple con las exigencias de las normas ANSI, sus características operativas permiten descargar el perfil de carga del consumidor con un período de integración de la demanda tanto de potencia activa como reactiva de 15 minutos.
- Analizador de Calidad de Energía Trifásico FLUKE 435, cuenta con modos de medida de osciloscopio, diagrama fasorial, voltaje, corriente, frecuencia, fluctuaciones, armónicos, potencia y energía, parpadeo de tensión (Flicker), desequilibrio y transitorios.
- Pinza de Medición FLUKE 336 TRUE RMS
- Registros contables de consumos de energía eléctrica, GLP y de productos elaborados de la UTPL.

5.- DESCRIPCION DE LA FÁBRICA DE CERÁMICA DE LA UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA

5.1.- ASPECTOS GENERALES.

Cerámicas y Artesanías Lojanas (CERART) es una empresa perteneciente a la Universidad Técnica Particular de Loja, en ella interactúan diariamente: artesanos, docentes y estudiantes de la universidad, quienes a través de proyectos de investigación aplicada, desarrollan productos cerámicos y afines a la cerámica (madera, textiles, etc.) con diseño exclusivo, de acuerdo a tendencias de mercado y con identidad local, que le dan a sus productos un valor agregado especial. CERART tiene asociadas 20 microempresas artesanales, que trabajan bajo principios de comercio justo y dentro de parámetros de calidad [d].

5.2.- PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA CERAMICA

La manufactura de los productos cerámicos es un proceso variado y complejo, en función de las características particulares de cada producto, en donde se deben efectuar diversas combinaciones de cantidades de materias primas, seguida del modelado, cocción y terminado de las piezas. En general en este tipo de proceso productivo se tienen las siguientes fases:

a) **Elaboración de barbotina y pasta:** Las barbotinas y pastas son el producto de la mezcla, tratamiento y preparación de las materias primas originales que previamente son molidas utilizando molinos de bolas. Para su elaboración se parte de arcillas y otras especies minerales que son mezcladas en distintas proporciones, en función de las características físicas y químicas deseadas. A esta etapa sigue una molturación y posterior tamizado hasta obtener homogeneidad y tamaño de grano requerido para la elaboración posterior de las piezas.

b) **Elaboración de esmaltes o fritas:** Los esmaltes son productos que se aplican en crudo al barro, loza, porcelana y cerámica en general y que se vitrifican con la cocción. Su misión es proteger las piezas de la acción atmosférica, polvo, humedad y desgaste mecánico al tiempo que sirve para dar lustre a los artículos finales. Para la elaboración de los barnices se utilizan combinaciones de sustancias minerales de diversa naturaleza, tras llevar a cabo la mezcla de las mismas se realiza una fusión a una temperatura de 1.300 ºC aproximadamente, tras un enfriamiento brusco del material generalmente por baño en agua, se produce la frita en forma de cristales, que posteriormente es procesada en molinos de bolas, donde se obtiene el esmalte o barniz en forma de polvo seco.

c) **Elaboración de colorantes:** Utilizados fundamentalmente en la industria cerámica en la decoración de los artículos finales, se componen básicamente de hierro, cobalto y cobre, así como compuestos de cuarzo, silicatos y aluminios que son mezclados en base húmeda para luego calcinarlas en el interior de cajas refractarias, para luego pasar al proceso de molturación, lavado, secado y micronizado hasta alcanzar el colorante en polvo con tamaños de partículas en orden de micras.

d) **Fabricación de productos finales (piezas esmaltadas y decoradas)**: Para el conformado de las piezas se parte de la barbotina, para luego efectuarse un proceso de filtrado donde se reduce el contenido de humedad, pasando de una condición líquido – viscosa a estado semi - sólido de mayor consistencia, luego se efectúa el moldeado por vertimiento de la mezcla en moldes porosos, una vez depositada la barbotina en al molde se deja reposar hasta que la pieza quede consolidada en el mismo luego de liberar parte de la humedad contenida para posteriormente proceder al retirado de la pieza del molde. En algunos casos se efectúa también el proceso de torneado cuando las piezas deban adquirir formas basadas en superficies de revolución.

El proceso de secado de las piezas de cerámica se realiza por convección ya sea natural o forzada y su objetivo es producir las reacciones de deshidratación de la pasta, en el caso del sistema forzado los gases calientes generados con un conjunto quemador + soplante se hacen circular alrededor de las piezas en los denominados secaderos que pueden ser de cámara o túnel.

La primera cocción permite obtener piezas de cerámica formadas por un cuerpo denso y cohesivo constituido por granos firmes y uniformes; la pieza obtenida en esta etapa es conocida como bizcocho. El esmaltado o barnizado se aplica a las piezas para proveerle de una capa que las protege frente a desgastes mecánicos, químicos o atmosféricos, este proceso se lo puede realizar por baño o por pulverizado.

La segunda cocción se realiza una vez aplicado el esmalte, mediante la cual éste vitrifica y se adhiere a la pieza, formando un todo con la cerámica lo que permite que resista el desgaste mecánico y el contacto en el agua y el calor.

Seguidamente se efectúa la decoración de las piezas con la utilización de los colorantes, preparados para obtener su total adherencia a la cerámica, los colorantes se aplican tanto manualmente a pincel, como de forma automática a pistola (pulverizado) o mediante serigrafía que permite el dibujo sobre las piezas. Una vez aplicada la decoración, las piezas son sometidas a una tercera cocción, mediante la cual los colorantes se adhieren a la cerámica, esta técnica es conocida como tercer fuego.

En el caso particular de CERART se tienen 2 líneas de producción: YAPACUNCHI (“dar algo más”) y ÑUKANCHIK (“lo nuestro”), en el primera caso la línea de producción trabaja con una mezcla de 7 arcillas diferentes que provienen de diversos lugares del Ecuador, es trabajada totalmente a mano, la decoración se la realiza a través de la técnica del pincelado, se plasma en las piezas diseños coloridos; el portafolio de productos de esta línea es de 148 formas en 15 posibles decoraciones, los productos se clasifican en decorativos y utilitarios (vajilla). En la segunda línea de producción es trabajada en forma manual con arcilla terracota, la decoración se la realiza a través de la técnica del esgrafiado, se plasma diseños precolombinos y grabados rupestres de culturas ancestrales del Ecuador o siluetas de los indígenas Saraguros, se clasifican en decorativas y utilitarias [d].

En el apartado 6.1.2., se pueden observar en detalle los diagramas energéticos productivos de las dos líneas de producción de CERART.

5.3.- DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DEL PROCESO

La fabricación de productos cerámicos implica la utilización de los siguientes equipos:

a) **Secaderos:** La presencia de agua permite dar a las piezas cerámicas la forma deseada, dotando a la arcilla de la plasticidad necesaria, el contenido de humedad varía entre el 5 – 7% para piezas prensadas y hasta un 30 – 40% para piezas coladas. El secado busca efectuar un proceso de deshidratación que permita eliminar el contenido de agua de la pasta cerámica, mediante tres subprocesos básicos: transferencia de calor al artículo secado, evaporación del agua en la pieza y extracción del vapor de agua, lo cual consume considerables cantidades de energía. En el caso de CERART se dispone de un secadero de cámara en los que se utiliza Gas Licuado de Petróleo (GLP) para los quemadores y electricidad para motores de soplantes y rotación de las piezas.

b) **Hornos:** La principal función de un horno cerámico es suministrar un calentamiento (cocción) y enfriamiento uniforme de un determinado producto, siguiendo un perfil de temperatura – tiempo previamente consignado, al mismo tiempo de asegurar que la atmósfera que envuelve la carga permita conseguir las propiedades físicas, funcionales y estéticas deseadas. Los hornos emplean técnicas de cocción por contacto directo del producto con los gases de combustión con la utilización de combustibles gaseosos (GLP). En el caso de CERART se emplea un horno estacionario con control eléctrico.

c) **Tecnologías horizontales:** Son aquellas que no forman parte de un proceso productivo específico sino que pueden encontrarse vinculadas simultáneamente a varios de ellos o estar presentes en los sistemas auxiliares asociados al funcionamiento general de la empresa. Entre estos equipamientos se tiene: equipos de molturación (molinos de bolas), extrusoras, cintas transportadores, soplantes, bombas de trasiego de aguas y barbotina, sistemas de aire comprimido, iluminación, etc.

En el **Anexo 1** se puede observar los planos conteniendo la distribución de los equipos en la planta de producción de cerámica CERART.

5.4.- DISTRIBUCION DE LOS CONSUMOS DE ENERGIA

Los principales portadores energéticos utilizados en la producción de cerámica de la planta de CERART son el Gas Licuado de Petróleo (GLP) para el secado y quemado de las piezas y la electricidad, en el procesamiento de la materia prima, transporte del material, bombas, compresores, iluminación, etc. En el apartado 6.1.1 se puede apreciar las cantidades y características del uso de portadores energéticos.

6.- RESULTADOS

6.1.- APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE DIAGNOSTICO ENERGETICO EN LA FABRICA DE CERAMICA DE LA UTPL

6.1.1.- DIAGRAMAS DE PARETO

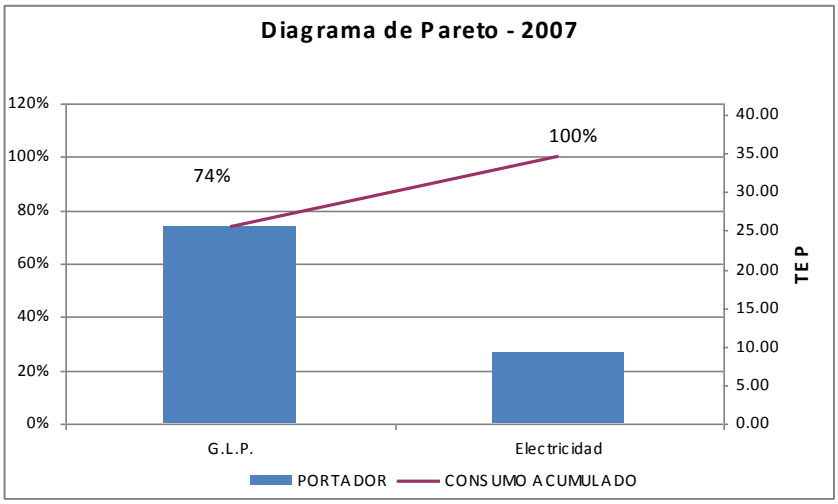
La revisión de los consumos de portadores energéticos utilizados en la fábrica de producción de cerámica de la UTPL, arroja como resultado el uso de Gas Licuado de Petróleo (GLP) y de Energía Eléctrica. Se procedió a determinar los consumos mensuales de los dos portadores a partir del mes de enero de 2007 y hasta el mes de junio de 2009, determinándose para el período un consumo total de 277.225 kWh de energía eléctrica que representa un valor de USD 34.794,60. En tanto que para el mismo período se han adquirido 47.145 kg de GLP que representa un costo total de USD 43.617,72.

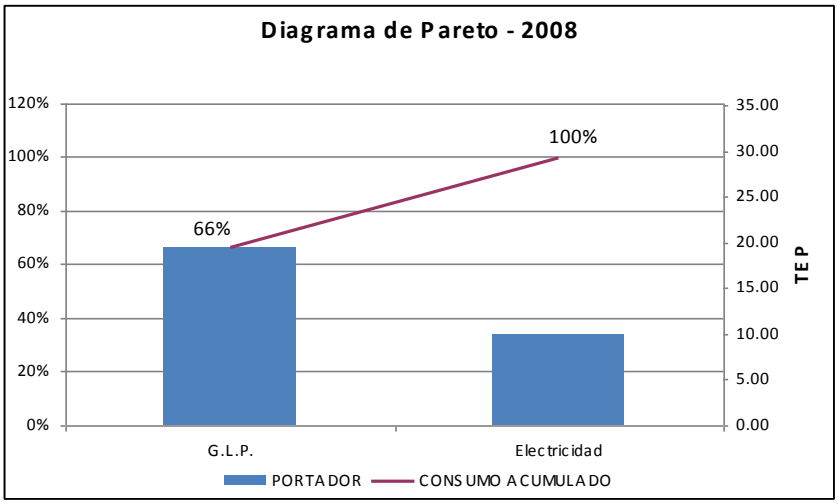
A continuación se indican los registros mensuales de los dos portadores energéticos utilizados.

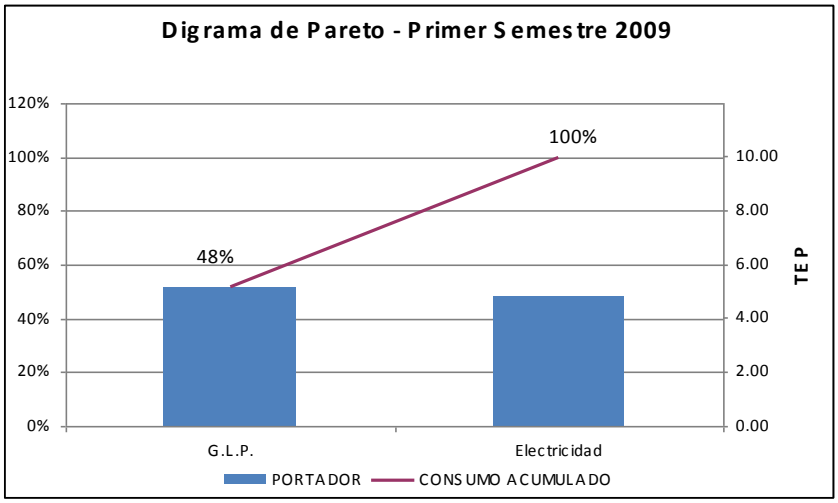
MES	CONSUMO DE PORTADOS ENERGETICOS				
	ELECTRICIDAD			GLP	
	kWh	kW	USD	kg	USD
Ene-07	7,311.00	44.73	1,096.17	1,500.00	1,233.33
Feb-07	6,663.00	44.45	941.82	1,800.00	1,480.00
Mar-07	7,895.00	51.22	1,171.89	1,950.00	1,603.33
Abr-07	6,898.00	36.96	1,008.60	2,205.00	1,813.00
May-07	9,388.00	45.84	1,248.43	2,250.00	1,850.00
Jun-07	9,323.00	48.58	1,289.87	1,830.00	1,504.67
Jul-07	10,937.00	52.12	1,509.51	2,280.00	1,925.33
Ago-07	8,458.00	47.19	1,198.83	1,710.00	1,520.00
Sep-07	7,850.00	46.51	1,150.10	0.00	0.00
Oct-07	10,432.00	51.41	1,442.64	2,670.00	2,462.33
Nov-07	11,061.00	50.30	1,528.17	3,420.00	3,268.00
Dic-07	9,298.00	58.94	1,315.96	2,415.00	2,432.89
TOTAL-07	**105,514.00**	**58.94**	**14,901.99**	**24,030.00**	**21,092.89**
Ene-08	9,027.00	50.11	1,248.97	1,170.00	1,248.00
Feb-08	9,394.00	41.13	1,266.83	0.00	0.00
Mar-08	9,500.00	43.44	1,312.42	1,785.00	1,923.83
Abr-08	10,071.00	38.50	1,379.48	2,040.00	2,266.67
May-08	9,555.00	40.61	1,316.91	2,085.00	2,316.67
Jun-08	9,654.00	39.65	1,309.30	1,995.00	2,216.67
Jul-08	10,244.00	50.21	1,426.58	1,680.00	1,922.67
Ago-08	10,074.00	45.75	1,388.87	1,455.00	1,649.00
Sep-08	10,557.00	51.22	1,061.91	1,500.00	1,666.67
Oct-08	9,907.00	49.54	1,007.00	1,620.00	1,692.00
Nov-08	9,399.00	40.42	948.97	1,785.00	1,864.33
Dic-08	8,368.00	34.32	812.84	1,140.00	709.33
TOTAL-08	**115,750.00**	**51.22**	**14,480.08**	**18,255.00**	**19,475.83**
Ene-09	8,693.00	39.89	842.83	210.00	135.33
Feb-09	8,367.00	48.50	889.91	915.00	589.67
Mar-09	9,717.00	33.45	921.81	1,290.00	802.67
Abr-09	9,960.00	35.48	932.71	1,740.00	1,082.67
May-09	9,363.00	33.26	898.90	0.00	0.00
Jun-09	9,861.00	35.61	926.37	705.00	438.67
TOTAL-09	**55,961.00**	**48.50**	**5,412.53**	**4,860.00**	**3,049.00**
TOTAL 07-09	**277,225.00**	**58.94**	**34,794.60**	**47,145.00**	**43,617.72**

Fuente: Información Contable de la Fábrica de Cerámica de la UTPL

Con los datos indicados se elaboró el diagrama de Pareto, determinándose el consumo equivalente de los portadores energéticos en Toneladas Equivales de Petróleo (TEP), de lo cual se obtiene como resultado:







De la información procesada se desprende que el mayor consumo de portadores

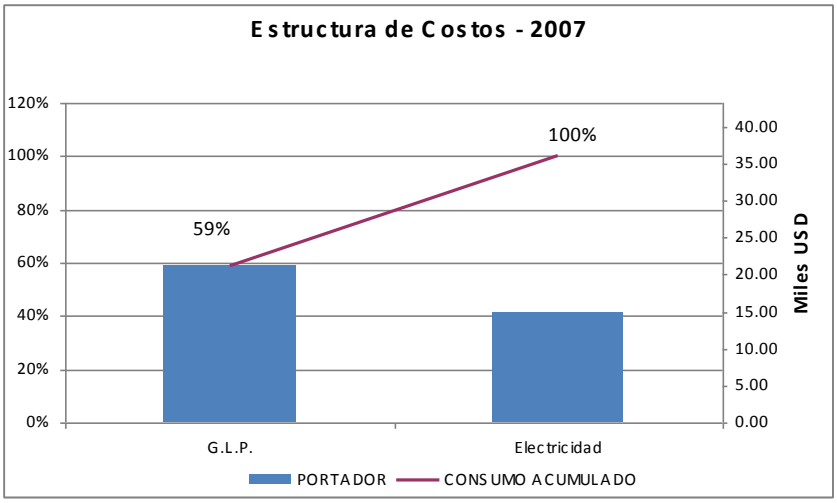
energéticos en la planta de cerámica corresponde al GLP utilizado en el proceso de secado de barbotina y cocción de la cerámica. En segundo lugar se tiene el consumo de electricidad que se utiliza en todo el ciclo de producción.

Sin embargo, el análisis del Diagrama de Pareto para los años 2007, 2008 y el primer semestre del año 2009, muestra reducción en el consumo de GLP en tanto que el consumo de energía eléctrica muestra un comportamiento más estable.

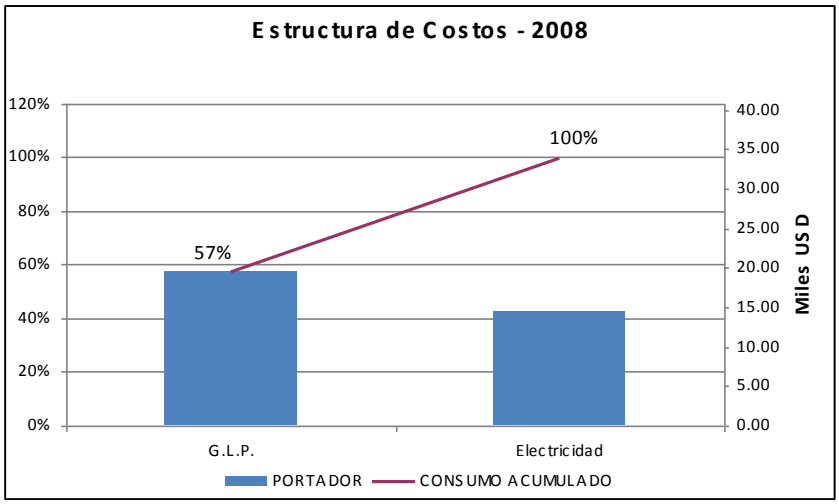
Esta situación nos llevó a analizar también la estructura de costos de los dos portadores energéticos, con la finalidad de estudiar su impacto económico en el proceso productivo, el resultado de este análisis indica que si bien los costos de compra del GLP son superiores a los costos de compra de la electricidad, esta diferencia en porcentaje es significativamente menor a la diferencia existente en cuanto al consumo representado en TEP.

Es así que si analizamos el diagrama de Pareto del año 2007, se observa que el consumo en TEP de GLP corresponde al 74% del consumo energético, en tanto que el consumo de electricidad en TEP corresponde al 26% de los consumos energéticos. Por su parte el estudio de la estructura de costos para ese mismo año indica que el costo del GLP abarca únicamente el 59% del costo total de portadores energéticos, en tanto que el consumo de electricidad representa el 41% del costo total de energéticos.

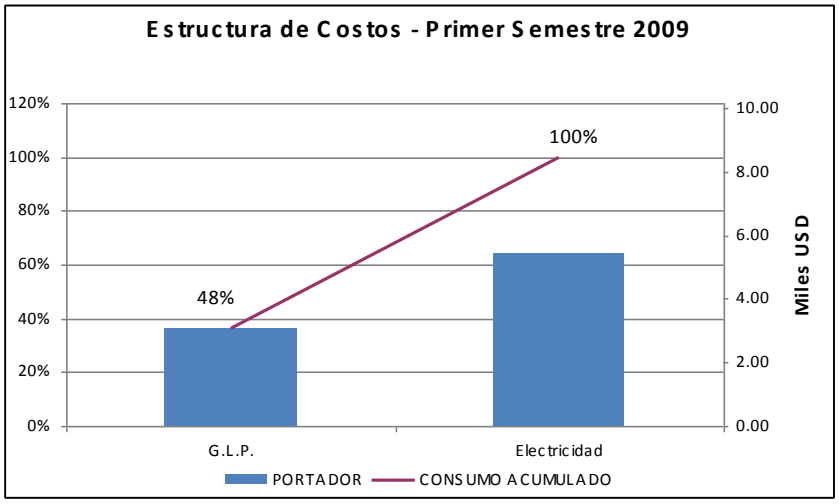
Esta diferencia se debe a los elevados costos de la energía eléctrica en el sur del Ecuador que se ubican entre los más caros del país (12.55 cUSD/kWh promedio) que los constituyen en un serio limitante para el desarrollo industrial de la zona, razón por la cual se deben implementar las medidas conducentes a la eficiencia en su utilización.



Situación similar se registra para el año 2008, en donde la estructura de costos indica que únicamente el 57% de los costos de energéticos corresponden a GLP



Para el primer semestre del año 2009, y debido a que se han registrado una disminución notable en la producción de cerámica, se observa incluso que los costos por GLP redujeron al 48% y por tanto fueron superados por los costos de electricidad.

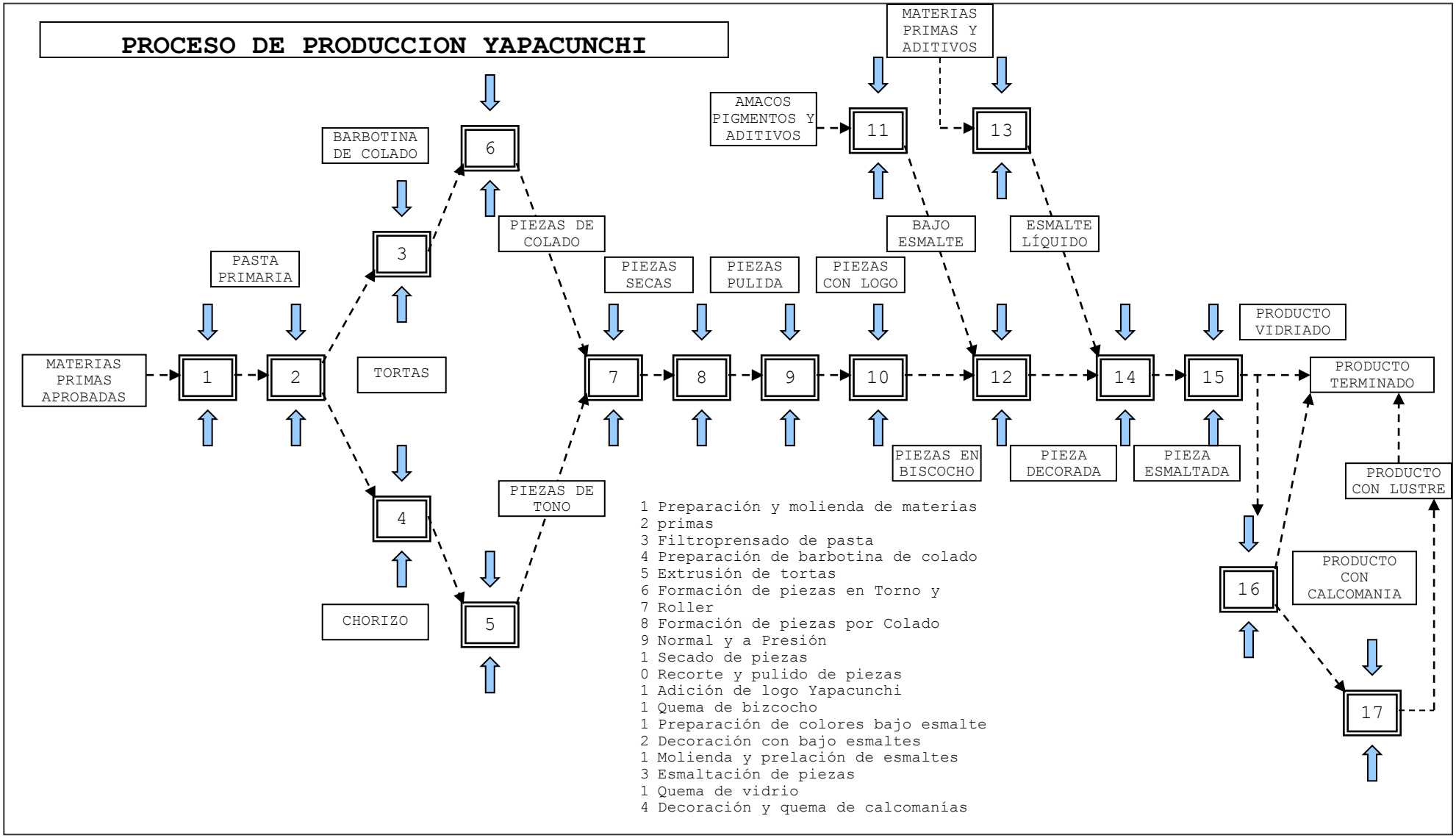


La importante incidencia económica de los dos portadores energéticos en el proceso productivo de la cerámica, motivó la necesidad de efectuar el análisis energético de ambos portadores.

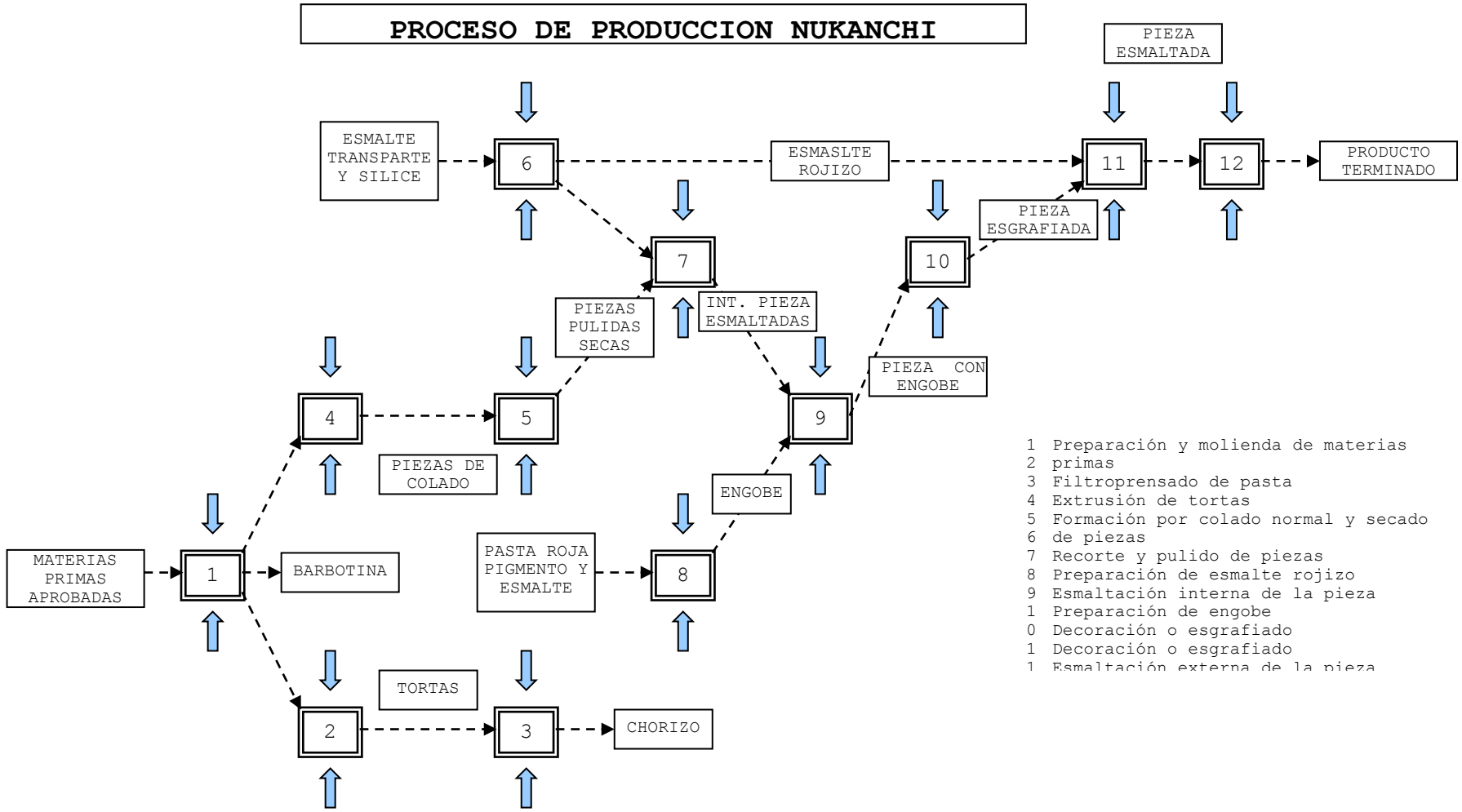
6.1.2.- DIAGRAMA ENERGETICO PRODUCTIVO

En las siguientes páginas se pueden observar los diagramas energéticos productivos, para las líneas de producción YAPACUNCHI Y ÑUKANCHIK, los cuales fueron determinados en base al Manual de Procesos de la Planta.

PROCESO DE PRODUCCION YAPACUNCHI



1 Preparación y molienda de materias
2 primas
3 Filtroprensado de pasta
4 Preparación de barbotina de colado
5 Extrusión de tortas
6 Formación de piezas en Torno y
7 Roller
8 Formación de piezas por Colado
9 Normal y a Presión
1 Secado de piezas
0 Recorte y pulido de piezas
1 Adición de logo Yapacunchi
1 Quema de bizcocho
1 Preparación de colores bajo esmalte
2 Decoración con bajo esmaltes
1 Molienda y prelación de esmaltes
3 Esmaltación de piezas
1 Quema de vidrio
4 Decoración y quema de calcomanías



1 Preparación y molienda de materias
2 primas
3 Filtroprensado de pasta
4 Extrusión de tortas
5 Formación por colado normal y secado
6 de piezas
7 Recorte y pulido de piezas
8 Preparación de esmalte rojizo
9 Esmaltación interna de la pieza
1 Preparación de engobe
0 Decoración o esgrafiado
1 Decoración o esgrafiado
1 Esmaltación externa de la pieza

El detalle del consumo de energía asociado con cada flujograma es el siguiente:

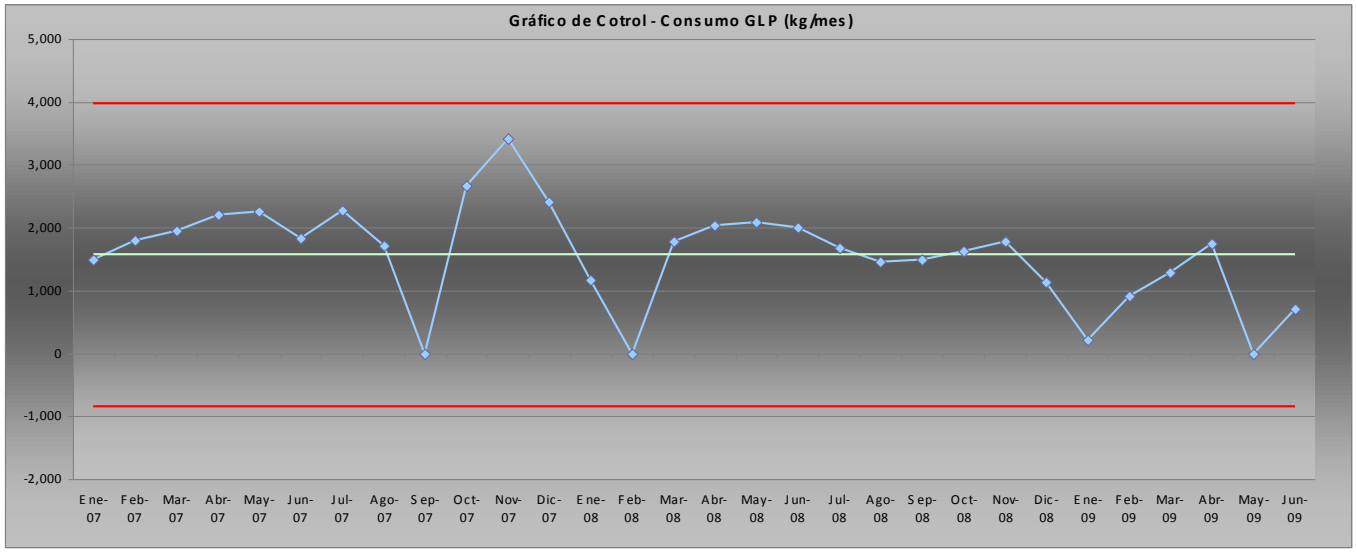
PROCESO DE PRODUCCION YAPACUNCHI (Por Quema)								
No.	Subproceso	Entrada	Salida	Equipamiento			Consumo Energía Estimado (kWh)	Consumo GLP Estimado (kg)
				Equipo	Potencia	Capacidad		
1	Preparación y Molienda de Materias Primas	Materias primas y aditivos aprobados	Pasta primaria	Motor (Molino)	14.92	1000 kg	134.28	
				Motor (Trituradora)	2.39	100 kg	1.19	
				Motor (Vibrotamiz)	3.73	150 kg	3.73	
2	Filtroprensado	Pasta primaria	Tortas de filtroprensado	Motor (Filtroprensa)	1.12	150 kg	1.68	
				Bomba ciclope 800	2.39		3.58	
				Bomba (Cisterna # 1)	3.73	7542 litros	5.60	
3	Preparación de Barbotina de Colado	Tortas de filtroprensado	Barbotina	Motor (Blounger)	1.49	750 kg	2.98	
				Bomba (Cisterna # 2)	3.73	4796 litros	7.46	
4	Extrusión	Tortas de filtroprensado	Chorizo (Torneado)	Motor (Extrusor)	2.98	380 kg/h	5.97	
				Motor (Extrusor)	1.49	380 kg/h	2.98	
5	Torneado	Chorizo	Piezas formadas (platos y pozuelos)	Motor (Roller)	14.92	1000 kg	156.66	
				Motor (Tarraja)	14.92	1000 kg	156.66	
6	Colado	Pasta de Colado	Piezas por colado	Motor (Tanque # 1)	1.49	1003 litros	35.81	
				Motor (Tanque # 2)	1.49	1003 litros	35.81	
				Motor (Tarraja)	2.24	50 litros	0.67	
7	Secado	Piezas formadas en torno y colado	Piezas secas	Motor (Secadero Artificial)	8.21	38 piezas	8.21	
				Motor (Ventilador)	1.49		1.49	
				Quemador		38 piezas		45.00
8	Recorte y Pulido	Piezas secas	Piezas pulidas	Motor (Compresor)	7.46		44.76	
				Motor (Torno Eléctrico)	1.49		5.97	
9	Adición de Logo	Piezas pulidas	Piezas selladas					
10	Quema bizcocho	Piezas pulidas y selladas	Piezas bizcocho	Motores (Horno)	4.40	5 m3	35.20	
				Quemadores (Horno)		5 m3		165.00
11	Preparación de colores en bajo esmaltes	Amados, pigmentos, aditivos	Bajo esmaltes	Motor (Agitador)	0.37	1.5 kg	0.07	
				Horno Eléctrico	2.24	0.3 m3	8.95	
12	Decoración con bajo esmaltes	Bizcocho y Bajo Esmaltes	Piezas Decoradas	Iluminación	0.24		1.92	
13	Molienda y preparación de	Materias primas y aditivos para	Esmalte base	Motor (Molino Ferro)	2.24	176.4 kg	22.38	
14	Esmaltado	Piezas decoradas, esmalte transparente y de color	Piezas esmaltadas unicolor, piezas esmaltadas bicolor	Motor (Tanques mezcladores)	1.49	20 litros	2.98	
				Cabinas de esmaltación	1.12	0.503 m3	2.24	
15	Quema de vidrio	Piezas esmaltadas	Producto vidriado	Motores (Horno)	4.40	5 m3	35.20	
				Quemadores (Horno)		5 m3		165.00
				Limpiador de bases	0.37	900 piezas	2.98	
16	Decoración con calcomania	Piezas vidriadas, calcomanía	Piezas decoradas con calcomanía	Iluminación	0.24		0.48	
17	Decoración con lustre	Piezas vidriadas con calcomanía y lustre	Piezas decoradas con lustre	Iluminación	0.24		0.96	

ESO DE PRODUCCION ÑUKANCHIK (Por Quema)

Subproceso	Entrada	Salida	Equipamiento			Consumo Energía Estimado (kWh)	Consumo GLP Estimado (kg)
			Equipo	Potencia	Capacidad		
Preparación y Molienda de Materias Primas	Materias primas y aditivos aprobados	Barbatina	Motor (Molino)	2.20	109 kg	3.30	
			Bomba (Descarga)	3.73	2316 (kg/h)	5.60	
Filtroprensado	Pasta primaria	Tortas de filtroprensado	Motor (Filtroprensa)	0.75	150 kg	1.69	
			Bomba alimentadora	2.39	3860 kg/h	5.37	
Extrusión	Tortas de filtroprensado	Chorizo (Torneado)	Motor (Extrusor)	1.60	262.5 kg/h	3.20	
Colado y secado	Pasta de Colado	Piezas por colado	Motor (Tanque almac.)	2.61	1750 litros	62.66	
Recorte y Pulido	Piezas secas	Piezas pulidas					
Preparación de esmalte rojizo	Esmalte transparente, sílice molida	Esmalte rojizo	Motor (Agitador)	0.37	20 kg	0.11	
Esmaltación interna	Piezas pulidas secas, esmalte rojizo	Piezas esmaltadas interiormente	Cabina de esmaltación	1.12	503 litros	8.95	
Preparación de engobes	Pasta roja o blanca, pigmentos, esmalte transparente	Engobe blanco, engobe negro	Agitador mecánico	0.37		0.11	
			Horno eléctrico laboratorio	2.24	300 litros	8.95	
Aplicación de engobe	Piezas esmaltadas interiormente, engobe blanco o negro	Piezas con engobe	Cabinas de esmaltación	1.12	0.503 m3	2.24	
Decoración o esgrafiado	Piezas con engobe	Piezas decoradas	Torno manual				
Esmaltación externa	Piezas decoradas, esmalte rojizo	Piezas esmaltadas	Cabinas de esmaltación	1.12	0.503 m3	2.24	
Quema	Piezas decoradas y esmaltadas	Producto Ñukanchik (monococción)	Motores (Horno)	4.40	5 m3	35.20	
			Quemadores (Horno)		5 m3		165.00

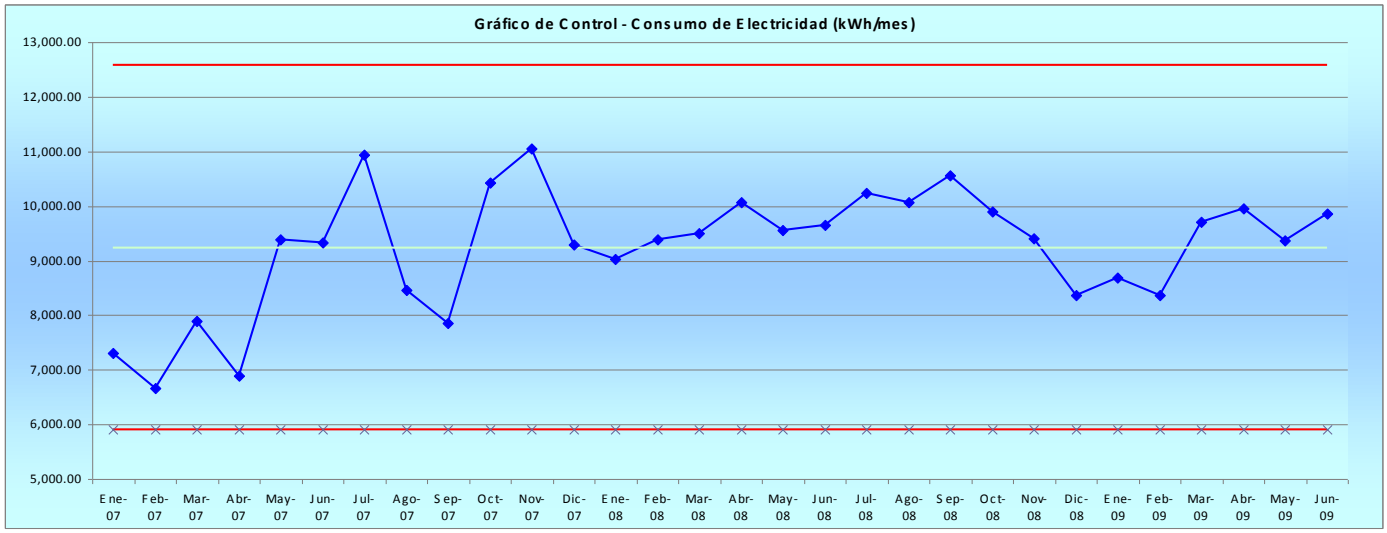
6.1.3.- GRAFICOS DE CONTROL ENERGETICO

Los datos de la variable cuya estabilidad se quiere evaluar se sitúan sobre el gráfico. Si los puntos situados se encuentran dentro de los límites de control superior o inferior, entonces las variaciones proceden de causas aleatorias y el comportamiento de la variable en cuestión es estable. Los puntos fuera de los límites tienen una pauta de distribución anormal y significan que la variable tuvo un comportamiento inestable, investigando la causa que provocó la anomalía y eliminándola se puede estabilizar el proceso [1].

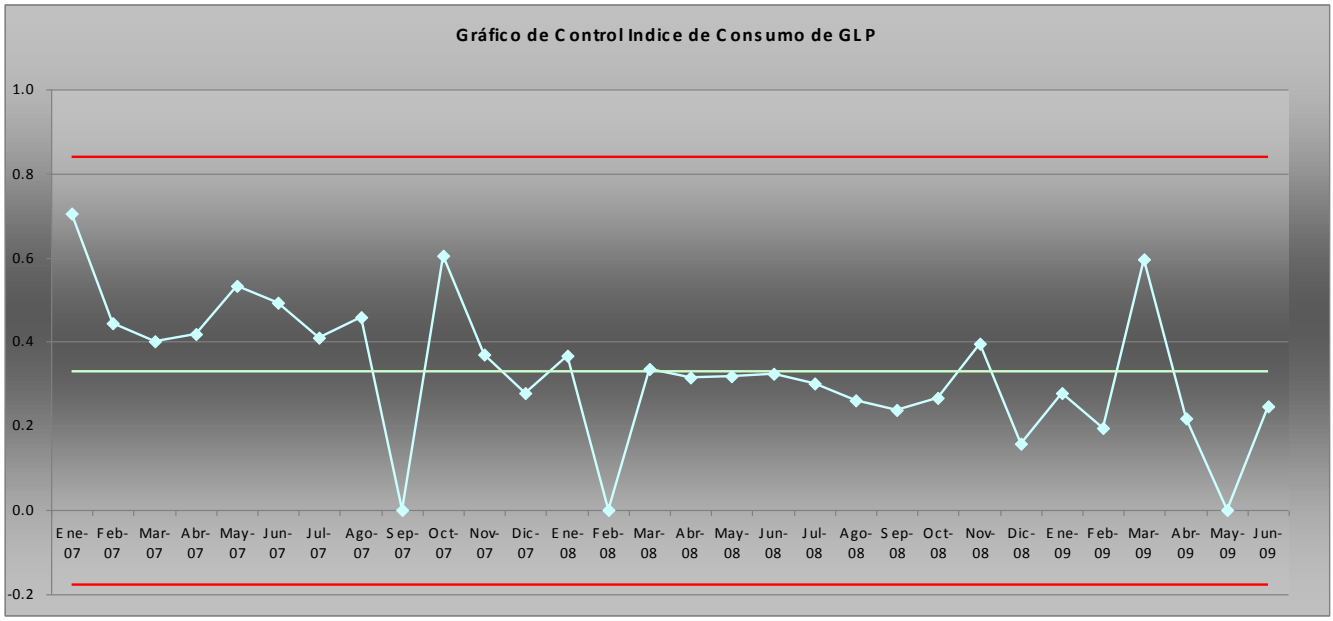


La información proceda en el gráfico de control para el consumo mensual de GLP en kg, se puede observar sobre estas líneas, en donde se tiene que los consumos registrados para el período enero de 2007 a junio de 2009 tienen un comportamiento estable, ya que no se tiene consumos ubicados fuera de los límites graficados mediante líneas rojas. En tanto que el valor medio esta dibujado con una línea verde.

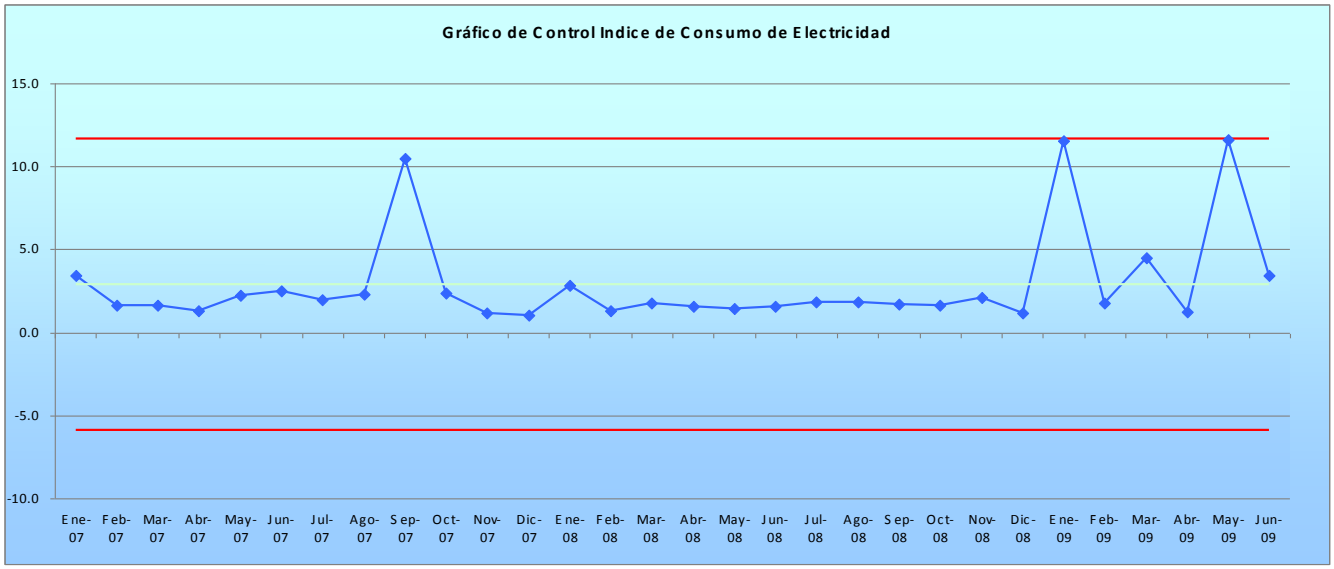
Comportamiento similar registra el consumo de electricidad expresado en kWh cuyo gráfico se observa seguidamente.



También se elaboraron los gráficos de control de los índices de consumo de GLP expresado en (kg GLP/No. Piezas) que se puede observar seguidamente.



Y del Índice de Consumo de Electricidad expresado en (kWh/No de Piezas).



Como se observa existen valores del Índice de Consumo de electricidad que se encuentran en el límite superior lo que demuestra un comportamiento inestable por lo que es necesario investigar la causa que provocó la anomalía.

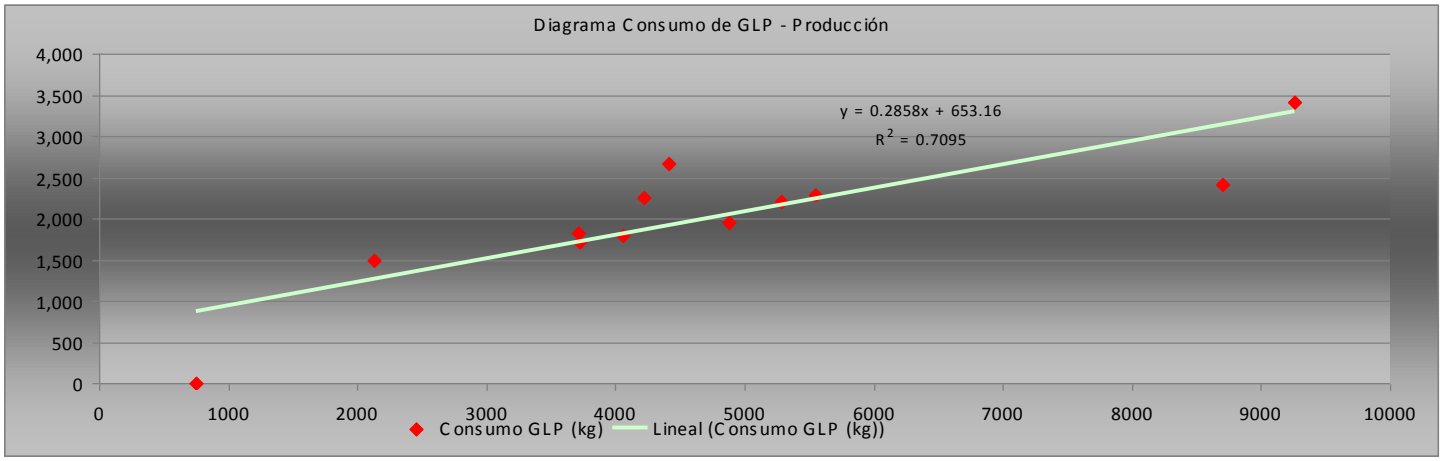
6.1.4.- DIAGRAMAS DE DISPERSION Y CORRELACION

Para las empresas industriales y de servicios, realizar un diagrama de dispersión de la energía usada por mes u otro período de tiempo con respecto a la producción realizada o los servicios prestados durante ese mismo período, revela importante información sobre el proceso.

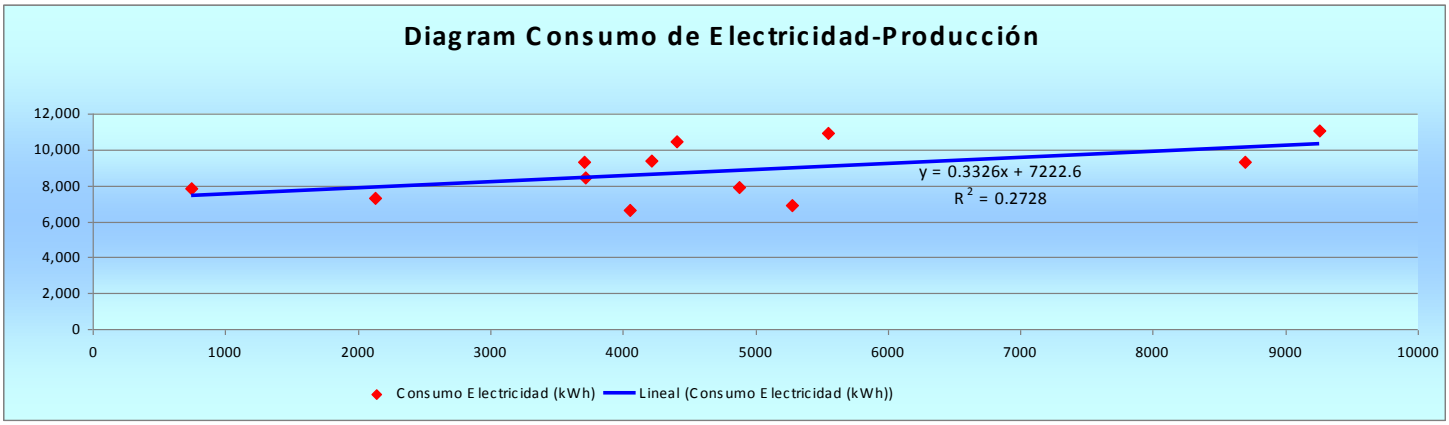
La utilidad de los Diagramas E vs. P, radica en que permiten determinar en qué medida la variación de los consumos energéticos se deben a variaciones de la producción, mostrar si los componentes de un indicador de consumo de energía están correlacionados entre sí y por tanto si el indicador es válido o no, establecer nuevos indicadores de consumo o costos energéticos, determinar la influencia de factores productivos de la empresa sobre los consumo energéticos y establecer variables de control, identificar el modelo de variación promedio de los consumos respecto a la producción y determinar cuantitativamente el valor de la energía no asociada a la producción [1].

Para el presente trabajo, se elaboró en primer lugar el diagrama E vs. P, en donde se relaciona el consumo mensual de GLP expresada en kg versus la producción mensual de cerámica registrada en número de piezas, información que fue determinada en base a los registros contables que se disponen en la planta.

El procesamiento de la información da como resultado una línea recta cuya ecuación es E = 0.2658P+653.16, la cual esta graficada a continuación.



En lo que respecta al consumo de energía eléctrica, se obtiene una recta con la ecuación: E = 0.3326P + 7.222,6 y que se indica seguidamente.

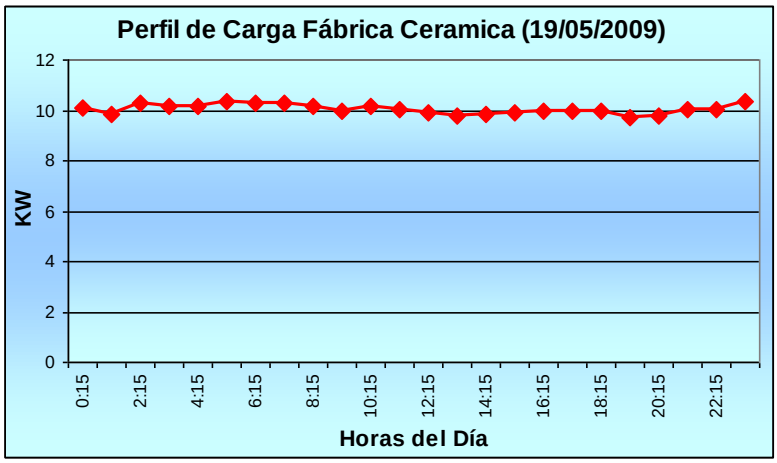


Como se observa la energía no asociada a la producción correspondiente al GLP es de valor reducido (653.16 kg), esto debido a que este portador energético está asociado directamente a la fabricación del producto e interviene únicamente durante las fases de secado y cocción de las piezas.

En tanto que la electricidad tiene un componente no asociado a la producción mayor en el orden de 7.222,6 kWh ya que este portador interviene en la iluminación de la planta, electricidad para equipos de oficinas y almacenes, servicios de mantenimiento, aire comprimido, pérdidas por potencia reactiva, etc.

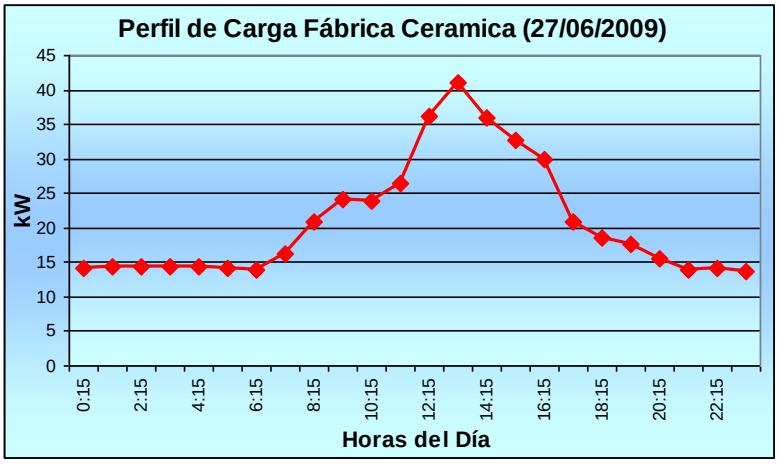
Para confirmar este resultado y comprobar las características de uso de la energía eléctrica en la fábrica de cerámica, acudimos al sistema de medición de energía que está dotado de un medidor electrónico marca ABB que esta signado por la EERSSA con el número 30360 y es de tipo A1R(P+) cuyas características de medición permiten el registro del consumo de energía activa y reactiva y demanda de potencia horaria, el medidor además está dotado de una memoria que permite el registro del perfil de carga del usuario tanto para energía activa como reactiva.

Se procedió a bajar los datos del perfil de carga del medidor correspondiente a 60 días (del 9 de mayo al 9 de julio de 2009) y luego de procesar la información se obtuvo como resultado una curva de carga muy plana durante las 24 horas del día y que se puede observar a continuación.



Esta curva de carga corresponde al día martes 19 de mayo de 2009 en el que no se registra mayor actividad productiva en la planta y como se puede observar la demanda de la fábrica permanece durante todo el día en valores cercanos a los 10 KW.

Procesados los datos de consumo de electricidad del día viernes 27 de junio de 2009 se puede evidenciar un mayor grado de producción en la fábrica y por lo tanto la curva de carga es variable, sin embargo se sigue registrando demandas mínimas en el orden de los 10 kW.



Luego de la revisión de las instalaciones eléctricas de la planta se pudo constatar que de su centro de transformación se sirven cargas ajenas al proceso de producción de cerámica y que corresponden a otras dependencias universitarias, lo que distorsiona la información de los consumos de energía en la producción de cerámica.

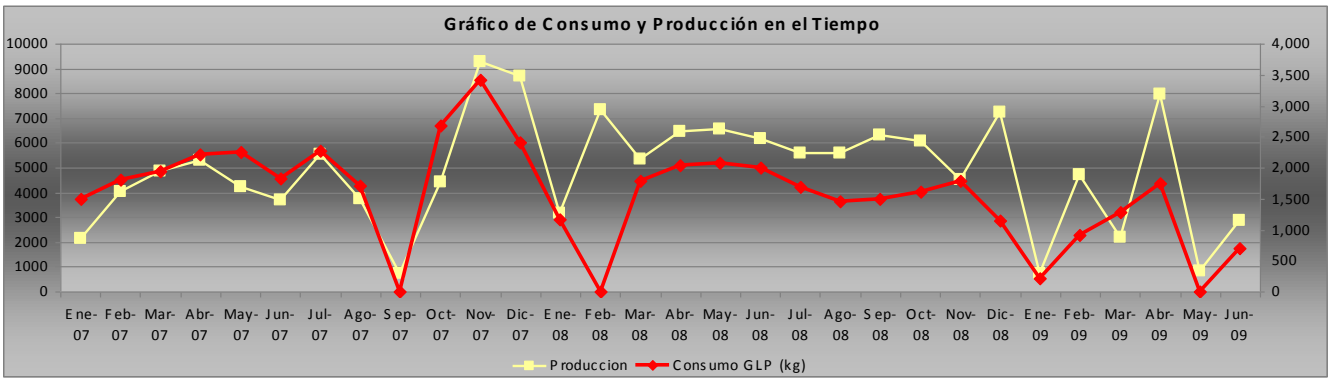
De la información procesada en el apartado 6.1.4., se pudo determinar que tanto para el consumo de GLP como para el consumo de electricidad existe una correlación lineal positiva entre el uso de los portadores energéticos y la producción de cerámica.

En el caso del GLP, la índice de correlación se ubica en el 71% y el caso de la electricidad la correlación es de apenas el 27% esto debido a la presencia de cargas eléctrica no asociadas a la producción, en este caso es recomendable independizar el registro y facturación de los consumos de energía eléctricas estas cargas mediante el uso de un medidor independiente lo cual permitirá efectuar un mejor monitoreo del comportamiento en el uso de la electricidad.

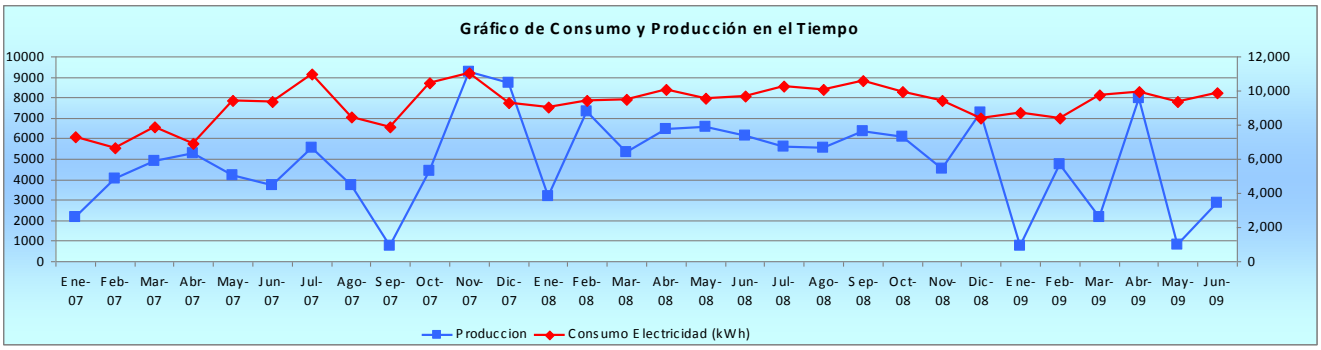
6.1.5.- DIAGRAMAS DE CONSUMO Y PRODUCCION

Consiste en un gráfico que muestra la variación simultánea del consumo energético con la producción realizada en el tiempo. El gráfico se realiza para cada portador energético importante de la empresa y puede establecerse a nivel de empresa, área o equipos [1].

En primer lugar se efectuó el gráfico E – P vs. T para el período analizado referente al consumo de GLP, como se observa existe correlación entre las variaciones relativas a la producción y el consumo.



Si obtenemos la gráfica relativa al consumo de electricidad, se observa menor correlación entre el comportamiento de producción y consumo, como se puede observar en el gráfico el consumo de energía eléctrica no registra mayores variaciones, en tanto que la producción experimente un comportamiento variable.



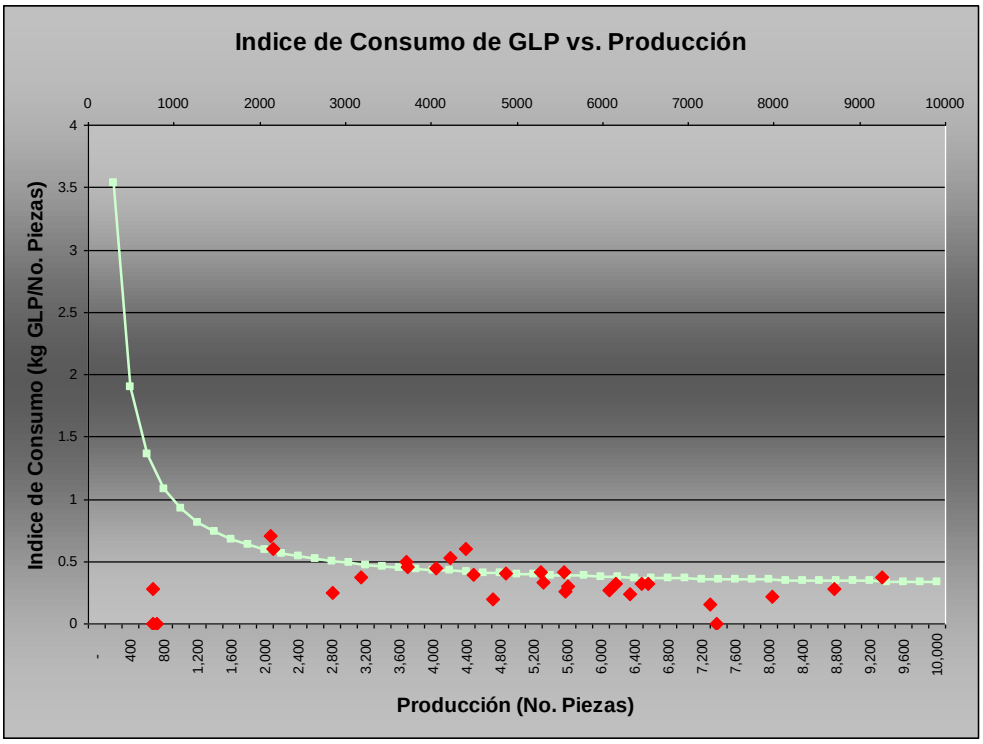
6.1.6.- DIAGRAMAS DE INDICE DE CONSUMO Y PRODUCCION

Este diagrama se realiza después de haber obtenido el gráfico E vs. P y la ecuación, E=m.P+Eo, con un nivel de correlación significativo. La expresión de la función IC=f (P) se define como IC=m+Eo/P, cuyo gráfico es una hipérbola equilátera con asíntota en el eje x, al valor de la pendiente m de la expresión E=f (P).

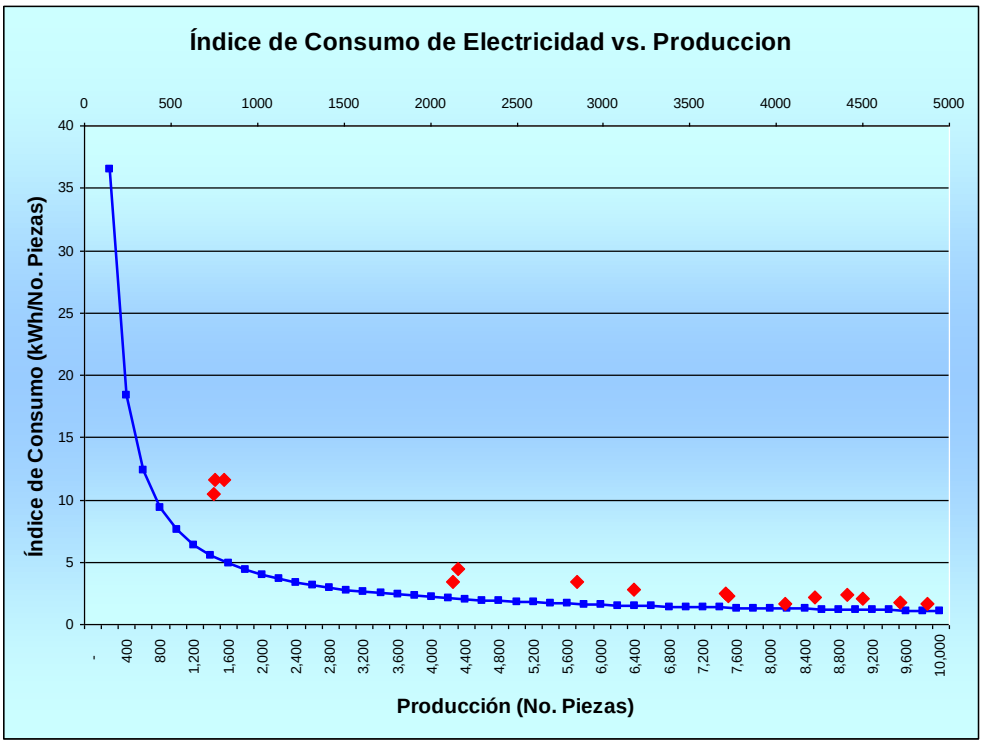
Estas curvas muestran como el índice de consumo aumenta al disminuir el nivel de la producción realizada. En la medida que la producción se reduce debe disminuir el consumo total de energía, sin embargo el gasto energético por unidad de producción aumenta, lo cual se produce debido al aumento relativo de la energía no asociada a la producción respecto a la energía productiva. Por el contrario si la producción se aumenta, el gasto por unidad de producto disminuye hasta el límite de la pendiente de la ecuación E=f (P).

Este gráfico permite establecer sistemas de gestión energética y estandarizar procesos productivos a niveles de eficiencia energética superiores. Valores de IC por debajo de la curva que representa el comportamiento del índice durante el período de referencia comparativa, indican un incremento de eficiencia del proceso; en el caso contrario existe un potencial de disminución del índice de consumo para ese nivel de producción [1].

El gráfico de tendencia del índice de consumo de GLP, así como los valores de IC registrados para el período enero de 2007 – junio de 2009 se tiene continuación. Como se puede ver existen algunos valores del IC que se encuentran sobre la curva de tendencia, lo que implica posibilidades de disminución del consumo del portador energético.



Para el caso de la electricidad el gráfico obtenido se indica seguidamente.

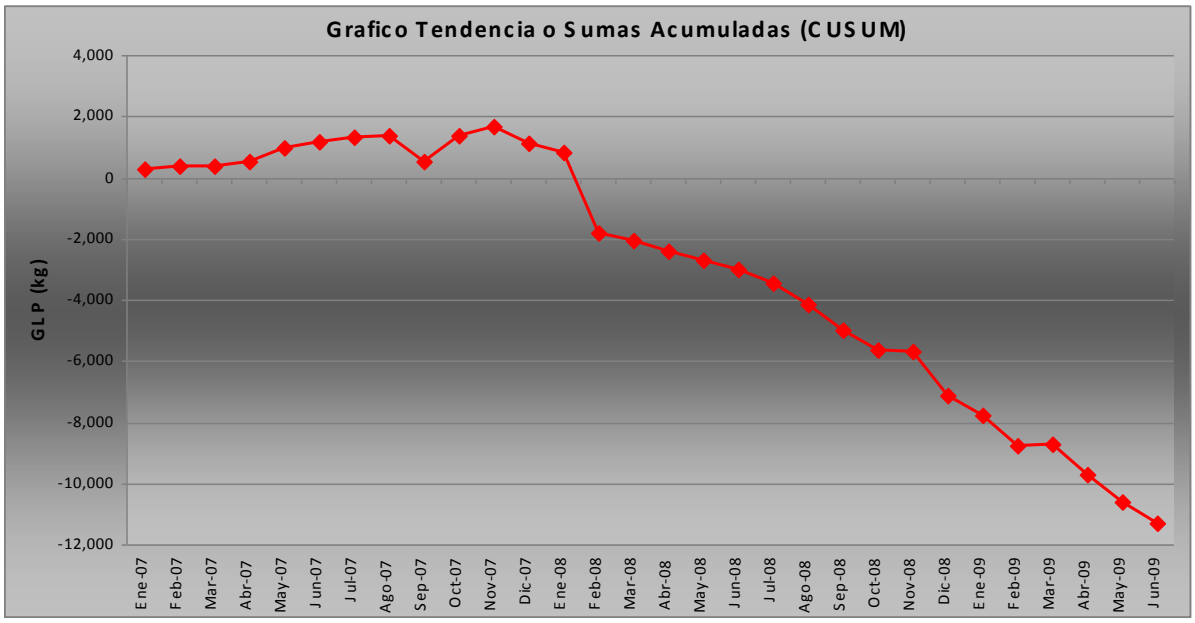


Los resultados obtenidos para el IC de electricidad, también nos indica la posibilidad de reducción del consumo de este portador energético.

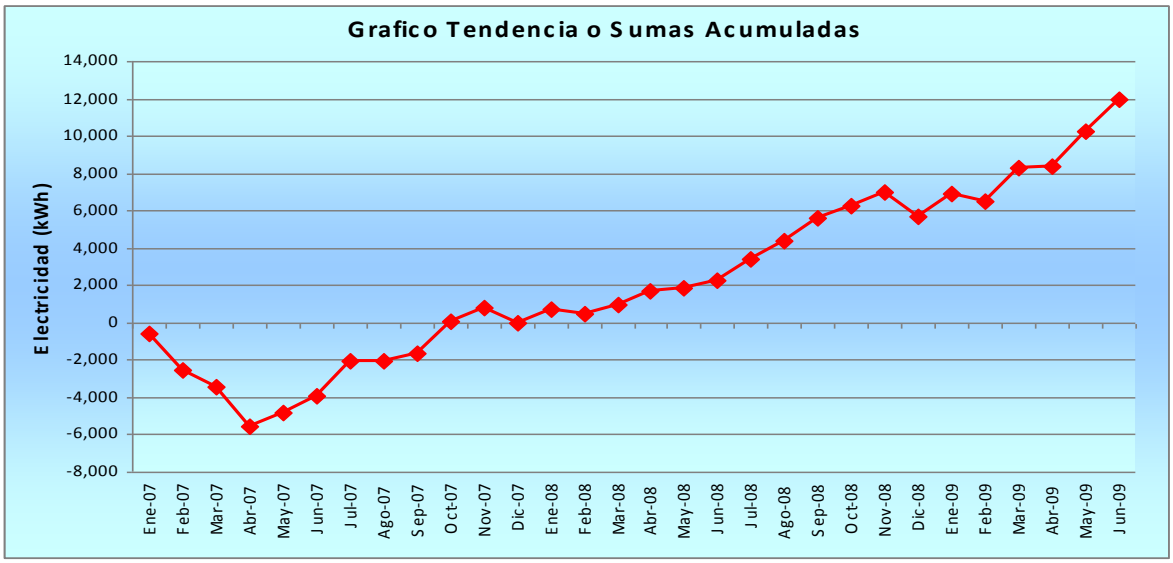
6.1.7.- GRAFICO DE TENDENCIAS O SUMAS ACUMULADAS (CUSUM)

Se utiliza para monitorear la tendencia de la empresa en cuanto a la variación de sus consumos energéticos, con respecto a un período base de comparación dado. A partir de este gráfico también pueden determinarse cuantitativamente la magnitud de la energía que se ha dejado de consumir o se ha consumido en exceso con relación al comportamiento del período base hasta el momento de su actuación [1].

El gráfico obtenido para el consumo de GLP de la planta de producción de cerámica indica una tendencia a la disminución en el consumo.



En cambio el gráfico de tendencia del consumo de electricidad denota incremento en su consumo.

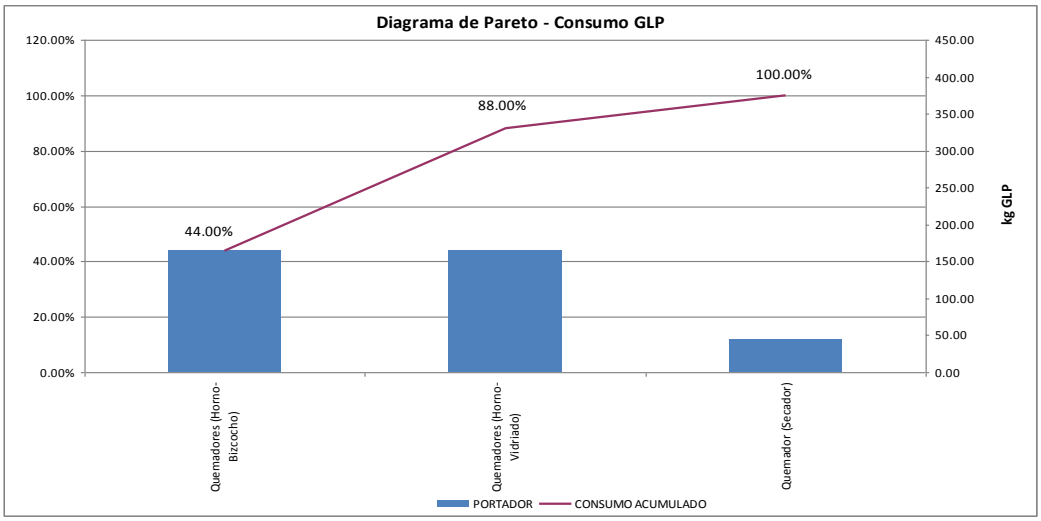


6.2.- DETERMINACION DE POSIBILIDADES DE AHORRO ENERGETICO EN EL PROCESO DE PRODUCCION DE CERAMICA

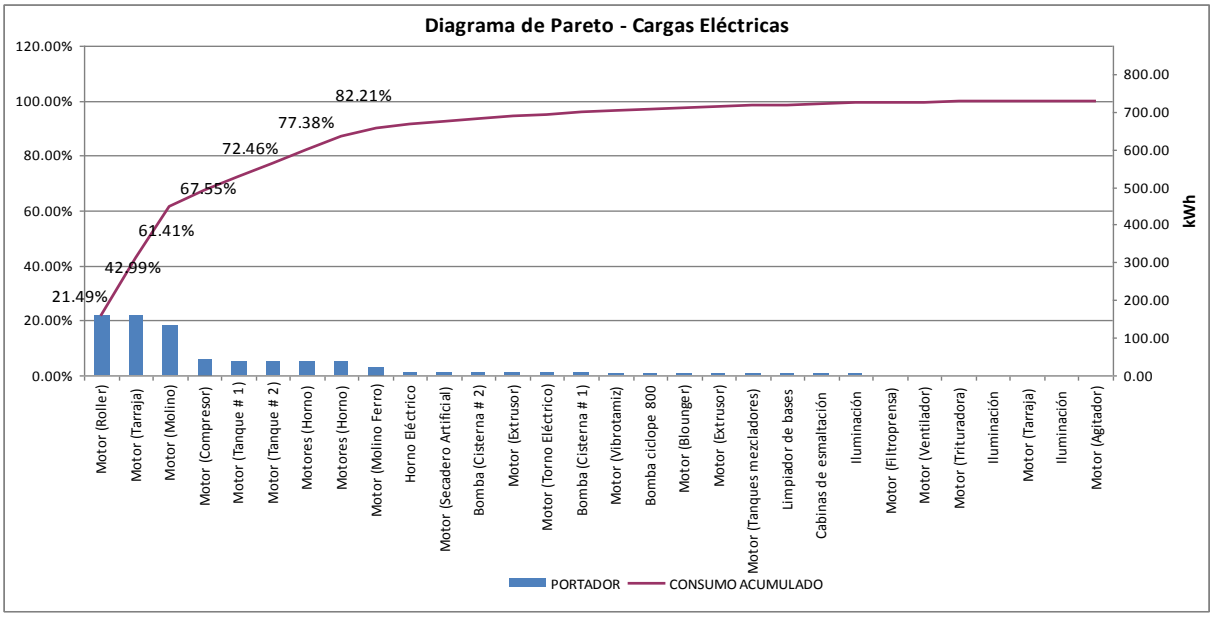
El proceso de fabricación de cerámica es muy intensivo en el uso de energía térmica y en menor medida de energía eléctrica, lo cual condiciona las estrategias de ahorro y eficiencia a implementar. Para evaluar las posibilidades de ahorro energético que garanticen el mayor resultado posible para CERART se procedió a realizar el análisis del consumo de GLP y de las cargas eléctricas mediante el uso del Diagrama de Pareto.

Observando el Diagrama de Pareto aplicado a los consumo de GLP se puede ver que 88% del consumo de este portador energético se ubica en el proceso de quemado de biscocho y vidriado. En tanto que una menor cantidad de GLP es consumida en el

proceso de secado de barbotina.



En tanto que el consumo de electricidad, se realiza en mayor número de procesos, por lo que la aplicación del Pareto nos permite visualizar de una manera gráfica las cargas que generan el mayor porcentaje de consumo de electricidad.



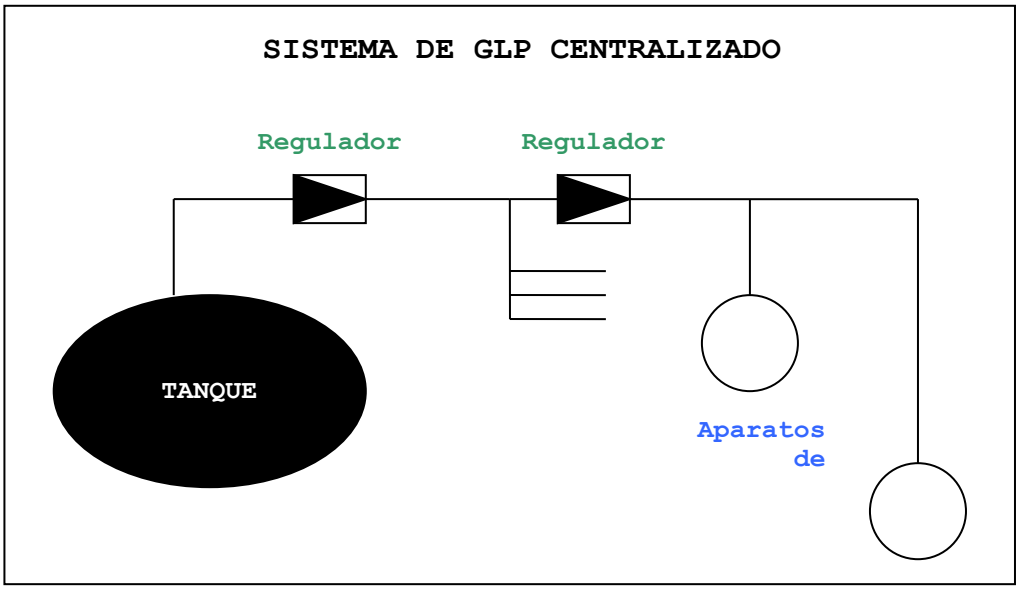
6.2.1.- POTENCIALES DE AHORRO EN EL CONSUMO DE GAS LICUADO DE PETROLEO

a) **Sustitución del Sistema de Provisión de GLP:** Para el aprovisionamiento de gas, la planta de producción de cerámica dispone actualmente de 24 cilindros de 45 kg para GLP que deben ser adquiridos en forma mensual a la distribuidora local. En este caso se propone efectuar la sustitución del sistema de provisión mediante la instalación de un sistema de GLP centralizado, alimentado de una bombona con capacidad para 4 m^3, que puede almacenar 2.000 kg de GLP, con lo cual se obtendría una mejora en el rendimiento del consumo del combustible.

La sustitución del sistema tradicional mediante el empleo de cilindros para 45 kg

de GLP, por el sistema centralizado permitirá eliminar los riesgos por parte del usuario que desconoce los peligros del tipo de producto que se almacena, induciendo al deterioro de los cilindros, peligro de golpes accidentales a los trabajadores o errores en el acople de reguladores o válvulas que pueden causar consecuencias desastrosas. En cambio si se utiliza gas canalizado, se garantiza un flujo constante y el usuario paga la cantidad de gas que realmente consume, lo que implica un ahorro del orden del 20% en el consumo de gas.

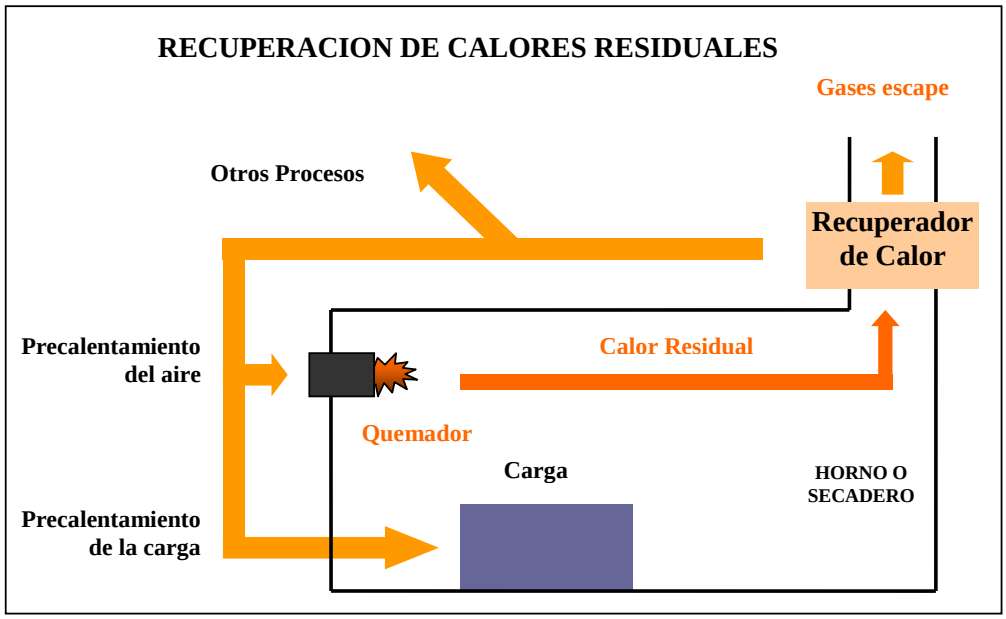
Una instalación para suministro de gas es un conjunto de tuberías, equipos (tanques, reguladores, contadores, etc.) y sus accesorios requeridos para la conducción del gas en estado líquido o de vapor de varias presiones, la cual debe ser diseñada cumpliendo con las normas NTE INEN 2260:2001 y la establecida por la Asociación Nacional de Protección Contra Incendios NFPA 58. En el caso de la Planta de Cerámica de la UTPL, el diseño de las instalaciones de GLP debe considerar un consumo de 11.25 kg/h siguiendo el siguiente diagrama:



De la información proporcionada por Agip Ecuador S.A., los costos referenciales del sistema de GLP centralizado que se debe instalar en la Planta de Cerámica de la UTPL sería:

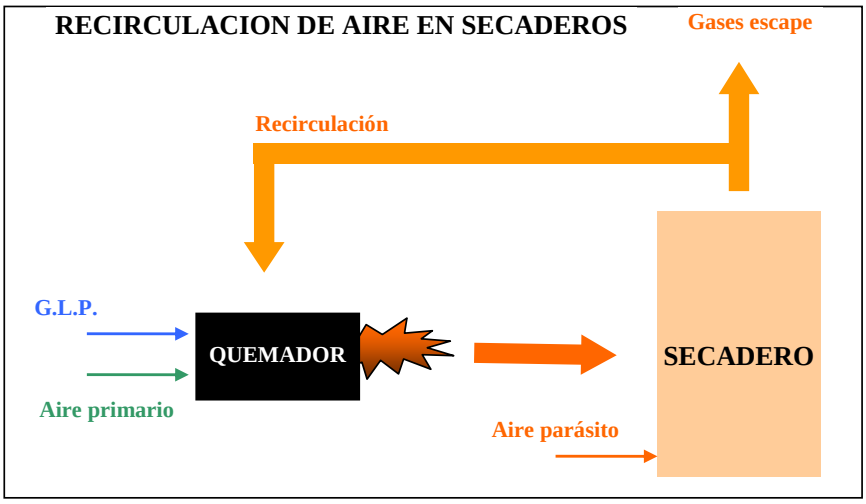
Costo bombona GLP (USD)	3,360.00
Costo equipos y materiales instalación (USD)	1,008.00
Mano de Obra Instalación (USD)	907.20
Inversión Sistema Centalizado GLP (USD)	**5,275.20**

b) **Recuperación de Calores Residuales:** El aprovechamiento de calores residuales es una medida que puede suponer considerables ahorros de energía en el sector de la cerámica, y se lo puede obtener instalando algún sistema de recuperación de los gases calientes que pueden estar a elevadas temperaturas e introducirse nuevamente en el equipo bien sea para precalentar la carga, bien sea para precalentar el aire de combustión de los quemadores o utilizarlos en otros procesos que puedan estar demandando energía térmica.

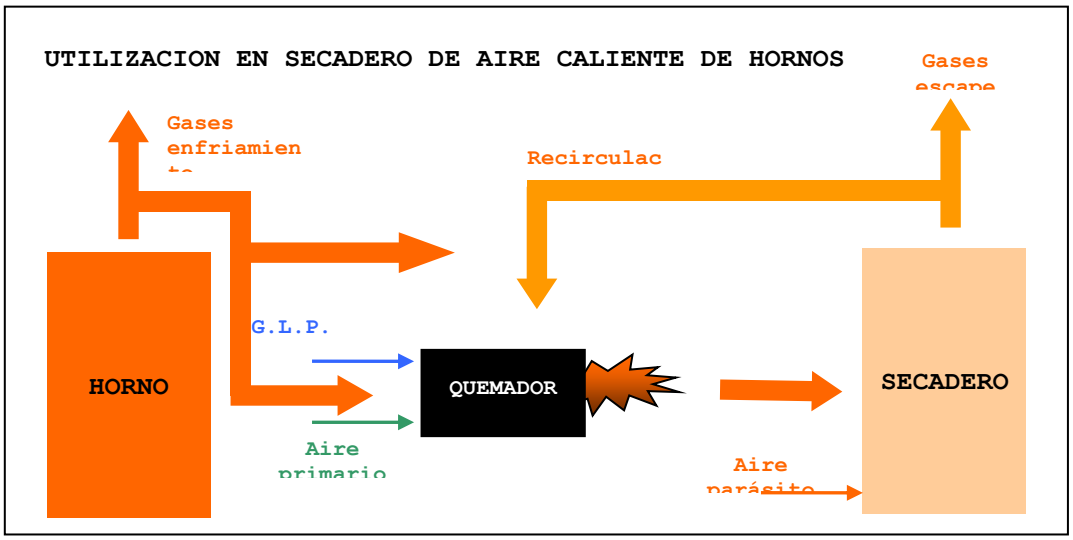


En el caso particular de la fábrica de cerámica de la UTPL, se puede optar por la recirculación de aire en el secadero. En la mayoría de las operaciones de secado, la humedad del aire de salida es muy inferior a su valor de saturación con relación al contenido de humedad del material secado, lo que implica que se ha extraído menos agua del material de lo que sería posible y que se ha empleado más energía de la necesaria para calentar el aire.

Para esto se deberá efectuar la recirculación de una fracción del aire de salida mezclando directamente con aire de entrada previamente calentado, con lo cual no es necesario instalar intercambiadores de calor y por tanto el costo de la instalación es menor.



De manera similar se puede efectuar la utilización en el secadero del aire caliente de los hornos, en sustitución del aire primario del secadero, el aire caliente de los hornos procede generalmente de la chimenea de enfriamiento.



Sin embargo, al no disponerse de los instrumentos de medición necesarios para evaluar el potencial de ahorro energético que se podría alcanzar con el aprovechamiento de la recirculación de los gases de escape y por el limitado alcance de la presente tesina únicamente nos limitaremos a mencionar estas posibilidades de ahorro, sin entrar a un análisis técnico de este potencial de ahorro, a fin de que estos puedan ser profundizados en trabajos posteriores.

6.2.2.- POTENCIALES DE AHORRO EN EL CONSUMO DE ELECTRICIDAD

a) **Ahorro energético en motores eléctricos:** Si se considera que un motor eléctrico durante su vida útil puede gastar hasta cien veces más su costo de compra, los ahorros económicos que se pueden alcanzar con su optimización resultan considerables.

El consumo energético de un motor eléctrico depende de dos parámetros fundamentales: punto de funcionamiento y características del motor, por lo que cualquier medida de ahorro energético que se aplique deberá actuar sobre uno de estos dos términos, en el primer caso se debe optar por la selección correcta del motor y en el segundo caso por la sustitución por motores de alto rendimiento. Por otra parte se puede implementar una estrategia de ahorro mediante la optimización del motor para la carga accionada mediante variadores de velocidad.

En el presente trabajo se analizó la factibilidad técnico-económica de sustituir los motores convencionales por motores de rendimiento mejorado. La carga instalada de los motores utilizados en el proceso productivo alcanza los 172.80 HP y su detalle se indica a continuación.

SUSTITUCION DE MOTORES DE ALTA EFICIENCIA						
No.	Equipamiento		Consumo Energía Anual (kWh)	Ahorro estimado Anual (kWh)	Ahorro estimado Anual (USD)	Costo Sustitución Motor (USD)
	Descripción	Potencia (HP)				
1	Motor (Molino)	20.00	13,386	827	68.59	315.00
2	Motor (Roller)	20.00	13,386	827	68.59	315.00
3	Motor (Tarraja)	20.00	13,386	827	68.59	315.00
4	Motor (Secadero Artificial)	11.00	7,362	455	37.72	211.75
5	Motor (Compresor)	10.00	6,693	414	34.30	192.50
6	Motores (Horno)	6.00	4,016	322	26.71	134.40
7	Motores (Horno)	6.00	4,016	322	26.71	134.40
8	Motores (Horno)	6.00	4,016	322	26.71	134.40
9	Motor (Vibrotamiz)	5.00	3,347	269	22.26	134.40
10	Bomba (Cisterna # 1)	5.00	3,347	269	22.26	112.00
11	Bomba (Cisterna # 2)	5.00	3,347	269	22.26	112.00
12	Motor (Extrusor)	4.00	2,677	258	21.37	99.75
13	Bomba (Descarga)	4.00	2,677	258	21.37	99.75
14	Motor (Tanque almac.)	3.50	2,343	226	18.70	91.47
15	Motor (Trituradora)	3.20	2,142	236	19.53	91.47
16	Bomba ciclope 800	3.20	2,142	236	19.53	91.47
17	Bomba alimentadora	3.20	2,142	236	19.53	91.47
18	Motor (Tarraja)	3.00	2,008	221	18.31	85.75
19	Motor (Molino Ferro)	3.00	2,008	221	18.31	85.75
20	Horno eléctrico laboratorio	3.00	2,008	221	18.31	85.75
1	Motor (Molino)	2.20	1,472	202	16.77	73.15
2	Motor (Blounger)	2.00	1,339	184	15.24	66.50
3	Motor (Extrusor)	2.00	1,339	184	15.24	66.50
4	Motor (Tanque # 1)	2.00	1,339	184	15.24	66.50
5	Motor (Tanque # 2)	2.00	1,339	184	15.24	66.50
6	Motor (Ventilador)	2.00	1,339	184	15.24	66.50
7	Motor (Torno Eléctrico)	2.00	1,339	184	15.24	66.50
8	Motor (Tanques mezcladores)	2.00	1,339	184	15.24	66.50
9	Motor (Extrusor)	2.00	1,339	184	15.24	66.50
10	Motor (Filtroprensa)	1.50	1,004	159	13.17	66.15
11	Motor(Cabinas esmaltación)	1.50	1,004	159	13.17	66.15
12	Cabina de esmaltación	1.50	1,004	159	13.17	66.15
13	Cabinas de esmaltación	1.50	1,004	159	13.17	66.15
14	Cabinas de esmaltación	1.50	1,004	159	13.17	66.15
15	Motor (Filtroprensa)	1.00	669	132	10.96	44.10
16	Motor (Agitador)	0.50	335	66	5.48	28.00
17	Limpiador de bases	0.50	335	66	5.48	28.00
18	Motor (Agitador)	0.50	335	66	5.48	28.00
19	Agitador mecánico	0.50	335	66	5.48	28.00
TOTALES		**172.80**	**115,658**	**10,097**	**837.10**	**4,025.46**

Como se observa en la tabla anterior, el consumo de energía de las cargas utilizadas en movimiento alcanza 115.658 kWh anuales, por lo que la sustitución de los motores convencionales por motores de eficiencia mejorada representa un ahorro energético de 10.097 kWh al año equivalentes a USD 837.10 de ahorro económico; sin embargo, el costo de sustitución de motores se estima en USD 4.025.46. En el apartado 6.3 se efectúa la evaluación financiera de este proyecto de optimización energética.

6.2.3.- COMPENSACION DE ENERGIA REACTIVA.

El pliego tarifario vigente en el Ecuador establece que aquellos consumidores con medición de energía reactiva que registren un factor de potencia medio mensual inferior a 0.92, el distribuidor tiene derecho a aplicar un cargo adicional

a los costos de potencia y energía, denominado “Cargos por Bajo Factor de Potencia”. La penalización por bajo factor de potencia será igual a la facturación mensual correspondiente a: consumo de energía, demanda facturable y comercialización, multiplicada por el siguiente factor:

Ecuación 3.6

$$Bfp = (0.92/fpr) - 1$$

Donde:

Bfp = Factor de penalización por bajo factor de potencia
fpr = Factor de potencia registrado

Para el registro de los consumos de potencia y energía de la planta de cerámica de la UTPL, la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. (EERSSA), dispone de un medidor electrónico que registra los consumos de potencia y energía mensuales, tanto activa como reactiva.

De la información procesada por este medidor y de las estadísticas de facturación de la EERSSA se desprende que la fábrica de cerámica debe cancelar por concepto de consumo de energía, demanda máxima y comercialización un monto anual del orden de los USD 8.240, en tanto que el factor de penalización por bajo factor de potencia se ubica en valores cercanos al 20%, por lo que le corresponden pagar como penalización USD 1.660.24 anuales.

En tal virtud es indispensable instalar en el menor tiempo posible un banco de condensadores automático a nivel del tablero de distribución general. Para el dimensionamiento del banco de capacitares se utilizó los perfiles de carga del consumo de potencia activa y reactiva demandadas por la fábrica y registradas en el medidor electrónico durante dos meses, de donde se pudo determinar el requerimiento de un banco de 4 pasos de compensación con las siguientes potencias:

- Paso 1 de 2 KVAr
- Paso 2 de 1 KVAr
- Paso 3 de 1 KVAr
- Paso 4 de 1 KVAr

El banco de compensación de reactivos deberá estar dotado de un mecanismo de control automático que conecte y desconecte los pasos de compensación, así como efectúe la desconexión por registro de sobre voltaje en la operación a carga mínima.

Seguidamente se puede observar la simulación de la operación de los pasos del banco de condensadores para la curva de carga típica diaria de la planta de cerámica.

HORA	POTENCIA RECTIVA DEL BANCO			
0:15	2.00	2.00	2.00	2.00
1:15	2.00	2.00	2.00	2.00
2:15	0.00	0.00	2.00	0.00
3:15	0.00	0.00	2.00	0.00
4:15	2.00	2.00	2.00	0.00
5:15	2.00	0.00	0.00	0.00
6:15	0.00	2.00	3.00	2.00
7:15	3.00	2.00	3.00	4.00
8:15	5.00	5.00	6.00	5.00
9:15	4.00	4.00	5.00	4.00
10:15	0.00	0.00	0.00	4.00
11:15	5.00	5.00	5.00	4.00
12:15	3.00	3.00	6.00	5.00
13:15	5.00	4.00	4.00	3.00
14:15	3.00	4.00	4.00	0.00
15:15	5.00	4.00	4.00	2.00
16:15	3.00	3.00	3.00	3.00
17:15	3.00	3.00	2.00	4.00
18:15	3.00	4.00	4.00	3.00
19:15	4.00	3.00	4.00	3.00
20:15	4.00	3.00	4.00	3.00
21:15	4.00	4.00	4.00	4.00
22:15	5.00	4.00	3.00	2.00
23:15	5.00	4.00	5.00	4.00

Los costos referenciales de la instalación del banco de condensadores se indican a continuación:

- Programador controlador de factor de potencia: USD 485.18
- Tablero metálico de control USD 560.00
- Instalación del banco USD 400.00

Costo total de Implementación del banco: USD 1.445.18

6.3.- EVALUACION ECONOMICA DE LOS POTENCIALES DE AHORRO ENERGETICO

A continuación se efectúa el análisis económico de los potenciales de ahorro energético anteriormente descritos, en donde se justifica la viabilidad económica de su implementación. Para el cálculo se ha considerado un período de análisis de 10 años y se ha determinado un flujo descontado de fondos considerando una tasa de descuento del 12% (normalmente utilizada para la evaluación de proyectos energéticos en el Ecuador.

Los índices obtenidos son el Valor Presente Neto, la Tasa Interna de Retorno, el Período de Recuperación de la Inversión y la Relación Beneficio Costo.

a) Instalación del sistema de GLP centralizado:

Se determinó que la planta de cerámica registra un consumo anual de 18.858 kg de GLP, para el presente análisis se considera que con la instalación del sistema de gas centralizado se podía obtener un ahorro del combustible del orden del 20% lo que equivale a 2.829 kg anuales, lo que represente una reducción en los costos de compra de GLP de USD 2.489.26. En tanto que el costo de implementación del sistema centralizado es de USD 5.275.20.

DESCRIPCION	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Consumo anual de GLP (kg)		18,858	18,858	18,858	18,858	18,858	18,858	18,858	18,858	18,858	18,858
Ahorro de GLP por sistema centralizado (kg)		2,829	2,829	2,829	2,829	2,829	2,829	2,829	2,829	2,829	2,829
Ahorro económico (USD)		**2,489.26**	**2,489.26**	**2,489.26**	**2,489.26**	**2,489.26**	**2,489.26**	**2,489.26**	**2,489.26**	**2,489.26**	**2,489.26**
Costo bombona GLP (USD)	3,360.00										
Costo equipos y materiales instalación (USD)	1,008.00										
Mano de Obra Instalación (USD)	907.20										
Inversión Sistema Centalizado GLP (USD)	**5,275.20**										
Flujo de Caja proyectado	**-5,275.20**	**2,222.55**	**1,984.42**	**1,771.80**	**1,581.97**	**1,412.47**	**1,261.13**	**1,126.01**	**1,005.37**	**897.65**	**801.47**

Valor Presente Neto (USD)	**8,789.65**
Tasa Interna de Retorno (%)	**46%**
Periodo Recuperación Inversión (años)	**3**
Relación Beneficio Costo	**2.67**

Con los datos indicados se obtiene un VPN de USD 8.789.65, una tasa interna de retorno del 46% y una relación beneficio costo de 2.67, lo que nos indica la viabilidad económica del proyecto. En tanto que la inversión se recuperaría en 3 años.

b) Sustitución de motores de alta eficiencia

El análisis económico de este proyecto arroja un VPN de USD 704.31, la tasa interna de retorno del 16%, la relación beneficio costo de 1.17 y el período de recuperación de la inversión de 8 años.

DESCRIPCION	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Consumo Energía Eléctrica Anual (KWh)		115,658	115,658	115,658	115,658	115,658	115,658	115,658	115,658	115,658	115,658
Ahorro Energía Eléctrica Anual (kWh)		10,097	10,097	10,097	10,097	10,097	10,097	10,097	10,097	10,097	10,097
Ahorro económico (USD)		**837.10**	**837.10**	**837.10**	**837.10**	**837.10**	**837.10**	**837.10**	**837.10**	**837.10**	**837.10**
Inversión sustitución motores (USD)	2,300.26										
Mano de Obra Instalación (USD)	1,725.20										
Mano de Obra Instalación (USD)	**4,025.46**										
Flujo de Caja proyectado	**-4,025.46**	**747.41**	**667.33**	**595.83**	**531.99**	**474.99**	**424.10**	**378.66**	**338.09**	**301.87**	**269.52**

Valor Presente Neto (USD)	**704.31**
Tasa Interna de Retorno (%)	**16%**
Periodo Recuperación Inversión (años)	**8**
Relación Beneficio Costo	**1.17**

Como se observa este proyecto también es viable económicamente, sin embargo los indicadores económicos son menos favorables que en el caso anterior, esto debido a que las plantas de producción de cerámica son mucho más intensivas en el consumo de combustible que en el consumo eléctrico, por lo que los proyectos de ahorro de energía eléctrica tienen un efecto más

moderado en los resultados de la compañía.

c) Compensación de Potencia Reactiva

En este caso los indicadores económicos son muy favorables y se los puede observar en la siguiente tabla, cabe resaltar que la inversión realizada en el banco de capacitares se recupera en el primer año. En este caso se debe también aclarar que es indispensable efectuar la compensación de reactivos por las obligaciones reglamentarias del sector eléctrico.

DESCRIPCION	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valor compra de energía anual (USD)		8,239.91	8,239.91	8,239.91	8,239.91	8,239.91	8,239.91	8,239.91	8,239.91	8,239.91	8,239.91
Factor de Penalización por bajo FP (P.U.)		0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Ahorro económico (USD)		**1,660.24**	**1,660.24**	**1,660.24**	**1,660.24**	**1,660.24**	**1,660.24**	**1,660.24**	**1,660.24**	**1,660.24**	**1,660.24**
Programador controlador FP (USD)	485.18										
Tablero control banco capacitores (USD)	560.00										
Instalación de banco (USD)	400.00										
Inversión Sistema Centalizado GLP (USD)	**1,445.18**										
Flujo de Caja proyectado	**-1,445.18**	**1,482.36**	**1,323.54**	**1,181.73**	**1,055.11**	**942.07**	**841.13**	**751.01**	**670.54**	**598.70**	**534.55**

Valor Presente Neto (USD)	**7,935.56**
Tasa Interna de Retorno (%)	**115%**
Periodo Recuperación Inversión (años)	**1**
Relación Beneficio Costo	**6.49**

6.4.- EVALUACION AMBIENTAL DE LOS POTENCIALES DE AHORRO ENERGETICO

Se evaluó el impacto ambiental positivo que representa el ahorro de energía eléctrica anual en la planta de cerámica, al producirse una reducción de emisiones gaseosas al ambiente en la generación de energía. Se considera en el presente análisis la reducción de emisiones de efecto global: Anhídrido Carbónico (CO2); y, de efecto local: Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Azufre (SO2), Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Partículas en Suspensión (PM10). A continuación se presenta una tabla conteniendo las emisiones producidas por centrales de gas, diésel y bunker utilizadas normalmente en el Ecuador para atender la demanda en los períodos de base, media y punta del sistema nacional interconectado.

Tipo de Central	Factores de Emisión (Kg/KWh)				
	CO2	SO2	Nox	CO	PM10
Gas	0.656	0.000	0.600	0.587	0.077
Diesel	0.740	3.730	3.720	0.190	0.250
Bunker - Vapor	0.888	4.480	4.470	0.233	0.297

Luego se efectuó una caracterización del ahorro de energía de la planta de cerámica en función de la curva de carga determinándose:

DESCRIPCION	Período de Demanda				Ahorro (kWh)
	Mínima	Media	Punta	Feriados	
Sustitución de Motores	3,925	4,769	1,080	325	10,097

Con base en esta información se pudo establecer la disminución de emisiones a la atmósfera anual:

Disminución Emisiones	Kg				
	CO2	SO2	Nox	CO	PM10
Disminución de emisiones	7,275.68	22,626.54	25,117.71	3,652.15	1,840.20

Como se observa la reducción de los consumos de energía eléctrica en la planta de cerámica evitarán la generación de importantes cantidades de emisiones por lo que se considera que los proyectos de eficiencia energética son viables ambientalmente.

6.5.- DIRECTRICES PARA ORGANIZAR UN SISTEMA DE GESTION ENERGETICA

Luego de haberse procesado la información energética y productiva de la planta de cerámica de la UTPL, es conveniente establecer y organizar un sistema de monitoreo y control energético, para lo cual se han desarrollado algunos aspectos básicos que detallamos seguidamente:

1) **Objetivos de Control:** De la información procesada se ha podido establecer los niveles de intensidad energética de la planta.

Intensidad en consumo de GLP (Bep/pieza)	0,00246329
Intensidad en consumo de Electricidad (Bep/pieza)	0,00117504

Con base a esta información se plantean los siguientes objetivos de control energético:

a) Reducir los requerimientos de GLP de la planta de cerámica, teniendo como meta una reducción del 20% hasta diciembre de 2010, mediante la instalación de un sistema centralizado de abastecimiento de GLP que permita incrementar el rendimiento en el uso de este portador energético y brindar las facilidades para la medición de su consumo en el proceso productivo.

b) Las estadísticas de facturación de los consumos de energía eléctrica de la planta de cerámica de la UTPL indican que el factor de carga de su sistema eléctrico es muy bajo en el orden del 26% cuyo efecto se traduce en un alto costo de la energía de 8.3 cUSD/kWh y en incremento en las pérdidas técnicas de energía internas, lo que encarece los costó de producción. Es necesario por tanto efectuar un programa a mediano plazo de manejo de la demanda de potencia de la planta con la finalidad de aplanar su curva de carga lo cual permitirá incrementar su factor de carga y por ende reducir los costos de la energía y las pérdidas técnicas, se estima que si se duplicara el factor de carga se produciría un ahorro de 1 cUSD/kWh lo que representaría un ahorro económico de USD 1.200 anuales. Se plantea por tanto como objetivo implementar un programa de

manejo de la demanda eléctrica y como meta alcanzar un factor de carga del 50% hasta junio de 2011.

c) Concomitantemente se planteó incrementar la eficiencia en el uso de la energía eléctrica mediante el uso de motores de eficiencia mejorada, con lo cual se podría alcanzar una reducción en el consumo de energía del 9% hasta el diciembre de 2011.

d) Otro factor importante a considerar es el alto consumo de potencia reactiva de la planta, lo que ubica el factor de potencia en valores inferiores a 0.8, por lo que se debe plantear como objetivo corregir el factor de potencia, teniendo como meta alcanzar el 0.92 exigido por la EERSSA hasta diciembre de 2010.

e) Se observa la presencia de un alto componente de energía no asociada con la producción (7.220 kWh), por lo que se debe reducir su magnitud al 50% hasta diciembre de 2010.

2) **Indicadores de Control:** Para alcanzar los objetivos y metas propuestas se plantean los siguientes indicadores de control.

Objetivos de Control	Indicador	ADN de los KPI's				Meta	Toma de Decisión			Proyecto (Medio)
		Definición	Fórmula de Cálculo	Frecuencia	Fuente		Peligro	Precaución	Logro	
Disminuir el consumo de Gas Licuado de Petroleo	Indice de consumo de GLP	Consumo de GLP por pieza de ceramica elaboradas	(Consumo de GLP/Numero de piezas elaboradas)	Mensual	Registros contables	0.288 Kg/Pieza a diciembre de 2010	>0.322	0.322 -0.288	<0.288	Construir sistema centralizado de GLP
	Consumo mensual de GLP	Cantidad de GLP adquirida	Medicion de kg de GLP comprados a proveedor	Mensual	Registros contables	Reducir el 20% a diciembre de 2010	<0%	0% -20%	20%	
Mejorar la curva de carga del sistema electrico	FC	Factor de carga	(Energia consumida/(24*30))/ (Demanda Maxima)	Mensual	Medidor Electronico	50%	<26%	26% -50%	>50%	Implementar un sistema de manejo de la demanda
	Costo medio energia	Valor medio de pago de energia a la EERSSA	(Valor de factura por compra de energia/Energia consumida)	Mensual	Factura de energia de la EERSSA	7,6 cUSD/kWh	>8,6	8,6 -7,6	<7,6	
Disminuir el consumo de Electricidad	Indice de consumo de Electricidad	Consumo de Electricidad por pieza de ceramica elaboradas	(Consumo de Electricidad/Numero de piezas elaboradas)	Mensual	Registros contables	1.32 kWh/Pieza a diciembre de 2011	>1.89	1.89 -1.32	<1.32	Implementar un programa de optimizacion del consumo de energia electrica
	Energia no asociada	Energia utilizada por la planta y no asociada al proceso productivo	Inerseccion del diagrama de consumo con el eje Y	Mensual	Registros contables	3.500 kWh a diciembre de 2010	>7.220	7.220 -3.500	<3.500	
	Consumo mensual de Electricidad	Cantidad de Electricidad adquirida	Medicion de kWh comprados a EERSSA	Mensual	Factura de energia de la EERSSA	Reducir el 10% a diciembre de 2011	<0%	0% -10%	10%	
Corregir el factor de potencia	FP	Factor de potencia medio mensual	(Energia Activa/Raiz Cuadrada (Energia Activa al cuadrado mas Energia Reactiva al cuadrado)	Mensual	Medidor Electronico	0.92 a diciembre de 2010	<0.7	0.7 -0.92	>0.92	Instalar un banco de condensadores

6.6.- COMPROBACION DE HIPOTESIS

La presente investigación permite determinar que la hipótesis planteada es acertada al cumplir con todas las variables ya que la realización del Diagnóstico Energético en la Planta de Cerámica de la UTPL posibilitó la formulación de recomendaciones técnicas para el uso eficiente de la energía, tanto eléctrica como térmica, lo cual contribuirá a mejorar los niveles de competitividad de dicha empresa.

7. CONCLUSIONES

a) El principal portador energético utilizado en la producción de cerámica es el GLP, por lo que es necesario instalar un sistema centralizado que permita efectuar la medición y control de su consumo y mejorar la eficiencia en su utilización.

b) Se determinó un alto componente de la energía eléctrica no asociada con la producción de cerámica, como resultado de una política errada en la administración de las instalaciones eléctricas de la planta, en las cuales se han incluido varios circuitos correspondientes a otros sectores de la UTPL, lo que distorsiona el comportamiento mensual de los consumos de electricidad e incrementa el índice de intensidad energética.

c) El factor de potencia se ubica en valores muy bajos, por lo que se requiere en el menor tiempo posible efectuar su corrección.

d) Si bien la planta de cerámica de la UTPL se desenvuelve en una estructura organizacional adecuada que busca la eficiencia en sus procesos productivos, su personal carece de los conocimientos relacionados con el uso eficiente de la energía, por lo que se han podido determinar varios potenciales de ahorro energético que bien aprovechados contribuirán significativamente a disminuir los costó de producción de cerámica y generaran un impacto significativo en la gestión ambiental.

e) Es necesario por tanto implementar un sistema de gestión energética en la planta de cerámica de la UTPL, para lo cual se plantean en el presente trabajo de tesis varios indicadores energéticos, que contribuirán en un principio a la consecución de los objetivos generales previstos y que luego podrán ser complementados con otros índices que podrán ser determinados por los propios técnicos de la planta conforme se vayan formulando objetivos específicos de mejoramiento de la gestión energética.

f) La información procesada en esta investigación, permite evidenciar la necesidad de implementar planes de eficiencia energética en el sector productivo de la provincia de Loja, como una medida conducente a mejorar su competitividad.

8. RECOMENDACIONES

a) Es necesario que la UTPL realice un rediseño de las instalaciones eléctricas de la planta de cerámica de tal forma que se reubiquen varios circuitos que corresponden a otras dependencias y que actualmente están siendo alimentados de los tableros de distribución de la planta, concomitantemente se deberá implementar un programa de manejo de la demanda.

b) Se debe instalar un sistema de compensación de energía reactiva a nivel del tablero de distribución principal, que permita alcanzar un factor de potencia promedio mensual de 0.92 conforme las exigencias de la EERSSA.

c) Es recomendable desarrollar programas de educación energética y ambiental a todos los niveles del personal de la planta de cerámica, como una herramienta para mejorar sus niveles de eficiencia energética.

d) La Universidad de Loja, debe emprender en proyectos de vinculación con la colectividad encaminados a promover la eficiencia energética, a través de líneas de investigación relacionadas con el uso eficiente de la energía, como una contribución significativa al desarrollo productivo de la Región Sur del Ecuador.

9. BIBLIOGRAFIA

9.1 Libros

[1] CENTRO DE ESTUDIOS DE ENERGIA Y MEDIAMBIENTE CE^{2}MA, 2001, Gestión Energética Empresarial. 85p
[2] MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGIA RENOVABLE. 2008. Políticas y Estrategias para el Cambio de la Matriz Energética del Ecuador
[3] MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS.2000. Eficiencia Energética Electricidad. 206 p.

9.2 Revistas:

[a] AGENCIA VALENCIANA DE LA ENERGIA. Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en el sector de la cerámica artística, de uso y técnica de la Comunidad Valenciana.
[b] MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGIA RENOVABLE. Políticas Energéticas del Ecuador 2008-2020. 50p.
[c] ORGANIZACION LATINOAMERICANA DE ENERGÍA (OLADE). 2007. Eficiencia Energética: Recurso no Aprovechado. 25 p.
[d] UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA, Hand Painted CERART, 12p.

GLOSARIO DE TERMINOS

Alta Tensión	Nivel de voltaje superior a 40 kV y asociado con la transmisión y subtransmisión de energía.
Media Tensión	Nivel de voltaje comprendido entre 600 V y 40 kV y asociado con las instalaciones y equipos del sistema de distribución.
Empresa de Generación	Empresa dedicada a la producción de energía eléctrica, para el mercado eléctrico mayorista.
Empresa de Transmisión	Empresa que presta el servicio público de transmisión de energía desde los centros de generación hasta los puntos de recepción de los distribuidores y grandes consumidores.
Empresa de Distribución	Empresa encargada a la prestación del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica a los clientes finales ubicados dentro de su área de concesión en la cual goza de exclusividad regulada
Energía activa	Componente de la energía eléctrica que produce trabajo efectivo en una carga.
Energía reactiva	Componente de la energía eléctrica que no produce trabajo efectivo pero que es la responsable de la creación de los campos eléctricos y magnéticos indispensables para el funcionamiento de los aparatos eléctricos.
Energía aparente	Combinación de la energía activa y reactiva, es la energía que se transporta efectivamente por las redes de distribución.
Cliente	Persona natural o jurídica, pública o privada que utiliza el servicio de energía eléctrica.
Facturación de energía	Es la energía consumida por un cliente y por la cual se ha elaborado la correspondiente factura de pago
Potencia o capacidad instalada	Es la suma de las potencias de placa de los equipos conectados a una instalación eléctrica
Armónicas	Ondas sinusoidales de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz.
Factor de Potencia	Relación entre la potencia activa y la potencia aparente consumidas por una carga eléctrica
Variaciones de voltaje	Perturbaciones en las cuales el valor del voltaje de suministro cambia con respecto al valor nominal
Flicker	Fenómeno en el cual es voltaje cambia en una amplitud moderada, generalmente menos del 10% del voltaje nominal, pero que puede repetirse varias veces por segundo. Este efecto conocido también como parpadeo causa una fluctuación en la luminosidad de las lámparas a una frecuencia detectable por el ojo humano
Voltaje nominal (Vn)	Voltaje de referencia de una red eléctrica.