



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITETURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

Estudio de la eficiencia energética para mejorar los indicadores eléctricos y reducir facturación en la fábrica de Ladrillo GREG - Jaén

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Flores Elera, Yunion Guido (ORCID: 0000-0003-0230-9389)

ASESOR:

Dr. Carranza Montenegro, Daniel (ORCID: 0000-0001-6743-6915)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución

CHICLAYO – PERÚ

2020

DEDICATORIA

A mi Madre, Padre, por apoyarme de forma incondicional y así poder lograr un gran objetivo en mi vida ya que sin el apoyo de ellos no hubiese sido posible lograr tal meta de igual manera a Dios ya que me ha brindado claridad en mi vida para seguir avanzando día a día Gracias.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, le agradezco a Dios por guiarme por un buen camino desde el día que empecé este camino universitario el cual hasta el momento gracias a él lo he sabido llevar de buena forma.

A la universidad Cesar Vallejo por brindarme la oportunidad de seguir avanzando profesionalmente y así seguir creciendo en mi línea de carrera de igual manera a nuestros docentes que nos han ido formando en este camino.

A mis padres, esposa e hijo, ya que han sido el soporte y mi motivación para seguir en la lucha por lograr este objetivo tan importante en mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|-----------|
| CARÁTULA..... | i |
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTO | iii |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS..... | iv |
| ÍNDICE DE TABLAS | vi |
| INDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS | vii |
| RESUMEN | viii |
| ABSTRACTS..... | ix |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 4 |
| III. METODOLOGÍA..... | 11 |
| 3.1. Tipo y Diseño de Investigación..... | 11 |
| 3.2. Variables y operacionalización:..... | 11 |
| 3.3. Población, Muestra y muestreo..... | 11 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 12 |
| 3.5. Procedimientos..... | 12 |
| 3.6. Método de análisis de datos..... | 12 |
| 3.7. Aspectos éticos | 12 |
| IV. RESULTADOS..... | 13 |
| 4.1. Diagnosticar el consumo actual de energía eléctrica y la facturación de energía eléctrica para determinar el índice de consumo eléctrico..... | 13 |
| 4.1.1 Flujograma del Proceso productivo..... | 13 |
| 4.1.2. Potencia Instalada | 16 |
| 4.1.3. Suministro de Energía Eléctrica..... | 18 |
| 4.1.4. Históricos de consumo de energía eléctrica | 18 |
| 4.1.5. Determinar el índice de consumo eléctrico | 22 |
| 4.2. Hacer mediciones de los niveles de tensión, consumo de corriente eléctrica, factor de potencia y tiempos de funcionamiento de los motores eléctricos de la fábrica GREQ – Jaén..... | 28 |
| 4.2.1. Protocolo de Mediciones..... | 28 |
| 4.2.2. Mediciones realizadas..... | 29 |
| 4.2.3. Análisis de las mediciones..... | 31 |
| 4.3. Proponer modificaciones en las instalaciones eléctricas de la cadena productiva a fin de mejorar los indicadores eléctricos..... | 34 |

| | | |
|--------|---|----|
| 4.3.1. | Cambio y/o reemplazo de motores eléctricos. | 34 |
| 4.3.2. | Selección del Calibre del conductor. | 36 |
| 4.3.3. | Utilización de Variadores de Velocidad. | 37 |
| 4.3.4. | Instalación de Banco de Condensadores. | 40 |
| 4.4. | Ejecutar una evaluación económica de la propuesta, teniendo como referencia los indicadores VAN, TIR y relación beneficio – costo. | 48 |
| 4.4.1. | Inversión Inicial de la Propuesta. | 48 |
| 4.4.2. | Ingresos del proyecto. | 49 |
| 4.4.3. | Egresos del proyecto. | 49 |
| 4.4.4. | Flujo de caja del proyecto. | 49 |
| 4.5.5 | Análisis con indicadores económicos. | 51 |
| V. | DISCUSIÓN. | 53 |
| VI. | CONCLUSIONES | 56 |
| VII. | RECOMENDACIONES | 57 |
| | REFERENCIAS. | 58 |
| | ANEXOS | 60 |
| | Anexo 1. Declaratoria de autenticidad (autor) | 60 |
| | Anexo 2. Declaratoria de autenticidad (asesor) | 61 |
| | Anexo 3. Matriz de operacionalización de variables | 62 |
| | Anexo 4. Instrumento de recolección de datos | 63 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. <i>Potencia Instalada Planta de ladrillos GREQ - Jaén</i> | 16 |
| Tabla 2. <i>Registros Históricos de Consumo de Energía Eléctrica</i> | 19 |
| Tabla 3. <i>Producción de ladrillos</i> | 22 |
| Tabla 4. <i>Índice de Consumo Eléctrico fabricación de ladrillos</i> | 24 |
| Tabla 5. <i>Calificación de ICE</i> | 26 |
| Tabla 6. <i>% de meses con calificación de ICE</i> | 26 |
| Tabla 7. <i>Costo por energía eléctrica de un millar de ladrillos</i> | 27 |
| Tabla 8. <i>Mediciones del Nivel de Tensión en Motores eléctricos</i> | 29 |
| Tabla 9. <i>Mediciones de Consumo de corriente eléctrica de motores eléctricos.</i> | 30 |
| Tabla 10. <i>Mediciones de Factor de Potencia de motores eléctricos</i> | 31 |
| Tabla 11. <i>Caída de tensión en motores eléctricos</i> | 32 |
| Tabla 12. <i>Cálculo de la Potencia Reactiva y Activa de los motores eléctricos</i> | 33 |
| Tabla 13. <i>Relación potencia activa medida y potencia nominal de motores eléctricos</i> | 35 |
| Tabla 14. <i>Cálculo de la sección de los conductores eléctricos</i> | 37 |
| Tabla 15. <i>Reducción de Tiempo de funcionamiento por uso de variador de frecuencia en bandas transportadoras</i> | 38 |
| Tabla 16. <i>Ahorro de energía eléctrica por uso de variadores de frecuencia</i> | 39 |
| Tabla 17. <i>Determinación del valor de la Potencia Reactiva compensadora por cada motor eléctrico.</i> | 42 |
| Tabla 18. <i>Cálculo de la Capacitancia</i> | 43 |
| Tabla 19. <i>Pliegos Tarifarios MT2 y MT3</i> | 44 |
| Tabla 20. <i>Costos actuales de pliego tarifario MT2</i> | 45 |
| Tabla 21. <i>Simulación de Facturación por pliego tarifario MT2</i> | 45 |
| Tabla 22. <i>Factor de Calificación</i> | 46 |
| Tabla 23. <i>Comparación de pliegos tarifarios</i> | 47 |
| Tabla 24. <i>Inversión Inicial</i> | 48 |
| Tabla 25. <i>Ingresos estimados del Proyecto</i> | 49 |
| Tabla 26. <i>Flujo de Caja de Proyecto</i> | 50 |
| Tabla 27. <i>Cálculo del Valor Actual Neto</i> | 51 |
| Tabla 28. <i>Cálculo de la Tasa Interna de Retorno</i> | 52 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

| | |
|--|----|
| <i>Figura 1.</i> Parámetros en carga resistiva | 8 |
| <i>Figura 2.</i> Parámetros en carga capacitiva | 8 |
| <i>Figura 3.</i> Diagrama fasorial y vectorial de energía reactiva | 9 |
| <i>Figura 4.</i> Diagrama fasorial y vectorial de energía inductiva..... | 9 |
| <i>Figura 5.</i> Circuito de una carga resistiva e inductiva..... | 10 |
| <i>Figura 6.</i> Circuito de una carga mixta..... | 10 |
| <i>Figura 7.</i> Flujograma de fabricación de ladrillo | 13 |
| <i>Figura 8.</i> Potencia Instalada total en planta de ladrillos GREQ..... | 17 |
| <i>Figura 9.</i> Potencia de cada mecanismo de procesamiento de ladrillos..... | 17 |
| <i>Figura 10.</i> Potencia instalada área administrativa | 18 |
| <i>Figura 11.</i> Demanda en KW, en horas punta y fuera de punta..... | 19 |
| <i>Figura 12.</i> Consumo de energía activa (KW), en horas punta y fuera de punta | 20 |
| <i>Figura 13.</i> Evolución de consumo de energía reactiva, en función a la energía activa, en KVAR-h..... | 21 |
| <i>Figura 14.</i> Evolución de la facturación de energía eléctrica..... | 21 |
| <i>Figura 15.</i> Producción mensual de ladrillos en Millares..... | 23 |
| <i>Figura 16.</i> Índice de Consumo Eléctrico | 25 |
| <i>Figura 17.</i> Costo por energía eléctrica de un millar de ladrillos S/. Millar de ladrillos..... | 28 |
| <i>Figura 18.</i> Relación potencia activa real y potencia activa nominal..... | 35 |

RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado: “ESTUDIO DE LA EFICIENCIA ENERGETICA PARA MEJORAR LOS INDICADORES ELECTRICOS Y REDUCIR FACTURACIÓN EN LA FÁBRICA DE LADRILLO GREQ – JAEN”, está enmarcado dentro del plan de ahorro energético del Ministerio de Energía y Minas, en los sectores industriales.

En principio se realizó el diagnóstico actual del consumo de energía eléctrica, facturación de energía eléctrica, utilizando información histórica de los recibos de energía eléctrica, los niveles de producción de ladrillos y la facturación eléctrica, con ello se determinó índice de consumo eléctrico actual.

Se hizo las mediciones de los niveles de tensión, consumo de corriente eléctrica factor de potencia y tiempos de funcionamiento de los motores eléctricos de la fábrica GREQ – Jaén, utilizando equipos calibrados con un protocolo de mediciones, los cuales fueron registrados en una guía de observación.

Luego se hizo la propuesta de las modificaciones en las instalaciones del proceso productivo a fin de mejorar el índice de consumo eléctrico, los cuales fueron 4 propuestas: cambio de motores eléctricos, cambio de conductores eléctricos, utilización de variadores de velocidad y uso de banco de condensadores.

Finalmente se realizó una evaluación económica de la propuesta, utilizando indicadores tales como VAN, TIR y relación beneficio – costo.

Palabras claves: Indicadores eléctricos, Eficiencia Energética, Niveles de producción de ladrillos, Facturación Eléctrica.

ABSTRACTS

This research work called: "STUDY OF ENERGY EFFICIENCY TO IMPROVE ELECTRICAL INDICATORS AND REDUCE BILLING IN THE BRICK GREQ FACTORY - JAEN", is framed within the energy saving plan of the Ministry of Energy and Mines, in industrial sectors.

In principle, the current diagnosis of electric energy consumption, electric energy billing, was carried out, using historical information on electric power bills, brick production levels and electric billing, thus determining the current electricity consumption index.

Measurements were made of voltage levels, electric current consumption, power factor and operating times of the electric motors of the GREQ - Jaén factory, using equipment calibrated with a measurement protocol, which were recorded in an observation guide.

Then the proposal of the modifications in the facilities of the production process was made in order to improve the electricity consumption index, which were 4 proposals: change of electric motors, change of electric conductors, use of variable speed drives and use of power bank capacitors.

Finally, an economic evaluation of the proposal was made, using indicators such as NPV, IRR and benefit-cost ratio.

Keywords: Electric indicators, Energy Efficiency, Brick production levels, Electric Billing.

I. INTRODUCCIÓN

La eficiencia energética de las instalaciones industriales en el Perú, tiene valores que está por debajo de los estándares internacionales, y de eso no es ajeno la empresa de fabricación de ladrillos GREQ en Jaén, siendo diversas las causas de tener valores no aceptables, como es la implementación de la fábrica sin realizar el estudio del dimensionamiento de los motores eléctricos de los dispositivos de los procesos, falta de mantenimiento preventivo, falta de automatización de la planta, tiempos de operación de cada proceso no adecuado.

En la fábrica de ladrillos, el ambiente de trabajo se hace con los equipos expuestos a la intemperie, con alto grado de contaminación por partículas suspendidas en el aire, que contaminan la maquinaria y los elementos eléctricos como son tableros eléctricos, motores eléctricos, sistemas de protección, sistemas de control, entre otros. Son entre otras razones que es una necesidad ejecutar un estudio en la eficiencia energética eléctrica de la instalación a fin de evaluar si los indicadores eléctricos y con ello tomar decisiones de mejoras a las instalaciones, como también la implicancia en la facturación del servicio eléctrico.

En la fábrica de ladrillos, el costo por el suministro de energía eléctrica, representa un costo significativo, que afecta directamente al precio de venta del producto terminado. No existe alguna normativa restrictiva que conlleve a que solo se debe utilizar la energía requerida, en donde las medidas de corrección para poder realizar un trabajo oportuno solo son dirigidas a las acciones del proceso mas no en el consumo inadecuado de energía lo cual según los conceptos de productividad requiere una mirada de todos los servicios que se involucran en la producción de activos siendo la energía uno de los más importantes por sus implicaciones económicas.

En el Perú también se ve la necesidad de establecer un consumo óptimo de energía, el Ministerio de Energía y Minas es el organismo rector de lo que en eficiencia energética se refiere, el cual gestiona mediante su oficina General de Eficiencia Energética, esta entidad encargada impulsa campañas de manera regular de Ahorro de Energía a todas las regiones del país, realizando charlas y foros para la adaptación y sensibilización de la población en el uso eficiente de

energía enmarcándolo en Ahorro Energético. En Perú recién está dando sus inicios, empezando a tomar importancia del rol que cumple la Eficiencia Energética en la matriz eléctrica del país, todo este esfuerzo viene etiquetado en la norma de Eficiencia Energética. (Tapia Gozales, y otros, 2017 pág. 10).

El país no obedece a nuevas tendencias de ahorro energético por lo que le permite estar bajo la normativa internacional. Aún quedan brechas por saldar ya que como se explicó el país recién empieza a caminar sobre esta senda lo que deja un gran campo en todos los aspectos para desarrollar la cultura de eficiencia (Tapia Gozales, y otros, 2017 pág. 11).

La formulación del Problema es: ¿Cómo mejorar los indicadores eléctricos y la reducción de la facturación eléctrica, si se realiza un estudio en la eficiencia energética eléctrica de la fábrica de ladrillo GREQ –Jaén?

Se justifica técnicamente la investigación, porque mediante las mediciones de la energía eléctrica que la planta consume y la energía que los diferentes dispositivos de los procesos entregan para realizar la fabricación de los ladrillos, se determina la relación entre dichas variables, y que al determinar que existe valores que están por debajo de los admisibles, se plantea modificaciones con el fin de que la eficiencia energética de la planta se incremente y de esa manera la operación de la planta funcione de manera adecuada.

La justificación económica radica en el ahorro energético de manera directa. La energía en la industria es un servicio que no se da de manera gratuita y como cualquier insumo se debe pagar para ser atendido. El ahorro en energía sea cual sea el camino tomado para reducir el consumo se refleja en el costo del recibo por parte de la concesionaria. Esto establece un ahorro económico directo lo que retribuye o genera un menor costo de producción y mayor ganancia para el empresario

De manera social se da por compartir el pensamiento de reducir el consumo eléctrico esto genera que con la misma cantidad de energía que se ahorra se puede beneficiar a otras personas, que se encuentran distantes al servicio y no pueden conectarse por falta de suministro. Esto es importantísimo ya que el servicio de

energía eléctrica es la base fundamental para el desarrollo social en la actualidad. Está demostrado que los poblados que no tienen o cuentan con servicio eléctrico muestran indicadores de crecimiento poblacional negativo y tienden a desaparecer por no poder desarrollarse.

El tema ambiental es justificado desde varios puntos, pero para ese solo tomaremos dos, el primero que se toma es la reducción de generación por parte de las centrales térmicas para satisfacer la demanda de energía, justo lo que es uno de los fundamentos del Ahorro Energético. Segundo desarrollar el uso eficiente de los equipos muestra una reducción en pérdidas por calor echo físico que no se puede desligar de resistencia que ofrece cualquier cuerpo al ser atravesado por electricidad, la producción de este calor también es un aporte al calentamiento global lo que disminuye al disminuir el consumo de energía o al usarla de manera óptima.

El objetivo general de la investigación es estudiar la eficiencia energética para determinar la mejora de los indicadores eléctricos y la reducción de la facturación en la fábrica de ladrillo GREQ – JAEN, para lo cual se planteó lo siguientes objetivos específicos

- Diagnosticar el consumo de energía eléctrica actual y la facturación de energía eléctrica para determinar el índice de consumo eléctrico.
- Hacer mediciones de los niveles de tensión, consumo de corriente eléctrica factor de potencia y tiempos de operación de los motores eléctricos de la fábrica GREQ – Jaén.
- Proponer modificaciones en las instalaciones de la cadena productiva a fin de mejorar los indicadores eléctricos.
- Ejecutar una evaluación económica de la propuesta, teniendo como referencia los indicadores VAN y TIR - relación beneficio – costo.

La hipótesis de la investigación es: ¿el estudio de la eficiencia energética eléctrica determinará la mejora de los indicadores eléctricos y la facturación eléctrica en la fábrica de ladrillo GREQ – Jaén?

II. MARCO TEÓRICO

En el marco de la búsqueda de información relevante para la investigación, se hizo el análisis de estudios realizados en eficiencia energéticas en instalaciones industriales, y su influencia en la mejora de los indicadores de consumo eléctrico y en la facturación eléctrica; existiendo investigaciones que tienen como objeto de estudio las características de funcionamiento de los motores eléctricos y de los tiempos de los procesos productivos; de los cuales se obtuvo información que ha contribuido con el presente estudio, entre los cuales se menciona:

Arellano (2015) en su trabajo de investigación “Estudio y análisis de eficiencia energética del sistema eléctrico del hospital IESS – Ibarra”, para adquirir el grado de Magister en Ingeniería Mecánica Eléctrica, menciona que para llevar a cabo este estudio se partió de los consumos de energía eléctrica del hospital cuya data fue tomada de los años 2013 y 2014 para poder determinar la demanda del hospital, se procedió al levantamiento de los sistemas eléctricos del hospital y elaborar el balance energético, es por eso que la finalidad de este proyecto es mejorar la eficiencia del sistema de iluminación de dicho hospital ya que este sector dio como resultado que era el mayor consumidor de energía.

Por ello se tomó como mejor opción el reemplazo de la mayoría de luminarias por la tecnología LED así se redujo el consumo de energía diaria de 57,14% a un 28,37% que se requiere en el hospital y un 29,36% en todo el sistema global eléctrico. Se procedió a la simulación de resultados dando a los nuevos indicadores energéticos los cuales comparados con otros países vecinos se encuentran por debajo de los que poseen sus hospitales.

Sevilleja (2014) en su investigación “Eficiencia energética en el sector industrial” para la obtención del título de Ingeniero Eléctrico, nos dice que como objetivo se plantea realizar un análisis de la evolución en cuanto a la eficiencia energética en el sector industrial. El tema es abordado mediante el método top-down, este análisis involucra y se realiza de manera progresiva empezando por analizar desde un nivel macroeconómico seguido de análisis del sector industrial en general y por último

llegar a las Agrupaciones de Actividad del sector industrial de menor intensidad en el consumo de energía.

El objetivo principal de este proyecto de fin de carrera es analizar estableciendo indicadores energéticos la evolución de la energía en el sector industrial y sus diferentes eficiencias energéticas terminado en establecer una comparativa a nivel internacional con España, para mostrar cómo se encuentra España confrontado con países de igual nivel de bienestar. Para estas comparaciones se familiarizo con las bases de datos del Ministerio de Industria, Oficina Estadística de la Unión Europea (Eurostat), el instituto de Diversificación y Ahorro de Energía (IDEA) y el ministerio de turismo y comercio (MITYC).

Santamaria (2014) en su artículo de investigación “Implementación de indicadores energéticos en centros educativos” hace mención que, en los últimos años, en varios países han sido adoptadas diferentes medidas y acciones hacia el crecimiento de la eficiencia energética y la reducción de pérdidas, donde se evidencia un especial énfasis hacia las etapas de uso final.

Dentro de este contexto, se ha identificado que los edificios son unos de los mayores consumidores de energía, por ello el análisis y caracterización energética de cada proceso dentro de un edificio, permite definir indicadores propios enfocados a la eficiencia energética. Estos indicadores energéticos sirven como base de comparación y monitoreo para controlar y reducir las pérdidas energéticas de las distintas actividades y evaluar los potenciales de reducción de dichas pérdidas, debidas principalmente a la tecnología empleada y hábitos de consumo.

Vera (2014) en su artículo “Indicadores de gestión enfocados al ahorro energético para la industria de beneficio de feldespato” hace mención que la caracterización y análisis energético permite a las empresas en cada proceso industrial definir indicadores de la propia empresa para enfocarse en el ahorro de energía. Estos son útiles como una base de monitoreo y comparación para reducir y controlar perdidas de energía en sus líneas de producción y evaluar mediante la tecnología empleada las potenciales acciones para la reducción de pérdidas de energía.

En las conclusiones en donde se utilizaron herramientas para determinar la caracterización de energía siguiendo la versión hasta de 5 antecedentes, sobre los requerimientos que deben tener los indicadores de gestión para que se establezcan en un sistema de información. Parte del procedimiento de la investigación se estableció indicadores de gestión dirigidos al ahorro energético para un proceso estándar de beneficio de feldespato, se verificó el cumplimiento de los requisitos estableciéndose la viabilidad de su uso y al final se diseñó las herramientas sistematizadas para el control y gestión. Los resultados fueron referentes para la conclusión del estado de la industria en general también son referentes para determinar un sistema de información de esta manera.

Gonzales (2014) en su proyecto de investigación “Diagnostico energético para la elaboración de plan de ahorro de energía eléctrica en edificios públicos-lima” para obtener el título de Ingeniero en Energía, recalca que el estudio realizado es de nivel aplicada y del tipo tecnológico, y con un diseño de investigación no experimental, para conseguir los resultados de la evaluación energética se utilizaron instrumentos eléctricos así como análisis de los indicadores energéticos y análisis estadísticos ya que el tema de eficiencia energética en la infraestructura es una tema de contundencia al día de hoy, todas las empresas buscan lograr el ahorro de energía con la finalidad de aumentar su eficiencia así como ser amigables con el medio ambiente.

Desde sus inicios, el concepto desarrollo sustentable fue dado por la Comisión Brundtland como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de futuras generaciones de satisfacer las suyas” Cuando el desarrollo sustentable se mantiene a lo largo del tiempo se alcanza el denominado desarrollo sostenible, el cual es un concepto dinámico, que es una traducción más adecuada del término en inglés “sustainable development” (Caldeira Brant , y otros, 2016 pág. 43).

Además, en la Conferencia de Desarrollo y Medio Ambiente de las Naciones Unidas en 1992, se adoptó la Agenda 21, donde se catalogó el desarrollo sostenible en tres dimensiones principales, económica, social y ambiental Por otro lado también se definió al desarrollo sostenible como la posibilidad de mejorar la

calidad de vida, de un modo que sea sostenible económica y ambientalmente, a largo plazo, con el respaldo de la estructura institucional del país (Caldeira Brant , y otros, 2016 pág. 123)

La utilización de una fuente de energía es un proceso de transformación de un tipo de energía en otro, y esto no puede conseguirse de forma completa, pues siempre una parte de la energía debe quedar degradada”. (Juana, y otros, 2008)

La eficiencia o rendimiento de un proceso, que emplea un tipo de energía para producir otra necesaria para el fin que se propone, se define mediante la relación:

$$\eta = \frac{E_{up}}{E_a}$$

Dónde:

η : Eficiencia

E_{up} : Energía útil Producida

E_a : Energía Absorbida o empleada

Los indicadores en una instalación industrial, en el cual tiene varias fuentes de energía, se expresan:

- Energía eléctrica consumida / cantidad producida (Kwh/und)
- Energía Térmica consumida / Horas trabajadas $(Joule/h)$
- Energía lumínica / área de trabajo $(Lumen/m^2)$

El concepto de carga netamente resistiva es que “Convierte la energía eléctrica en calorífica. Es frecuente que al hablar de una resistencia depende de la tensión y de la corriente” (Sotelo, 2016, p.3).

La potencia que sale de la fuente se obtiene con el producto de la tensión (V) y la corriente (I), misma que es transformada por la resistencia en calor o en trabajo. Donde (P) es la potencia que la carga convierte en calor o trabajo y (S) la potencia que sale de la fuente, que para esta carga resistiva ambas potencias son iguales, de ahí el factor de potencia.

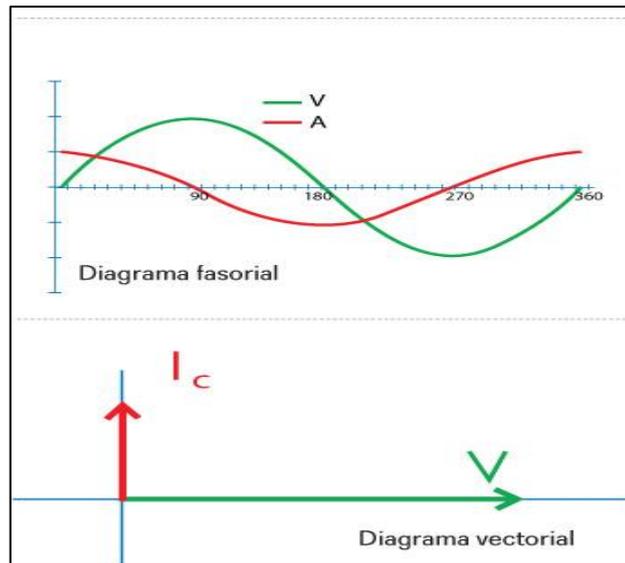


Figura 1. Parámetros en carga resistiva
Fuente: Ruiz, 2016

En el caso de la carga capacitiva, la potencia que toma la carga en el primer medio ciclo de la fuente de corriente alterna la convierte en campo eléctrico, que en el siguiente medio ciclo regresa la potencia a la fuente. Es decir, que el capacitor se carga y descarga (toma potencia de la fuente, la usa y la regresa, pero no la consume). En este caso no se habla de una resistencia (R), sino de una reactancia capacitiva (X_c), la cual depende de sus características físicas y de la frecuencia. La corriente depende de la tensión (V) y de la reactancia capacitiva (X_c), pero no se podría decir que la reactancia depende de la tensión y de la corriente. Si se eleva la tensión de ésta, también se eleva la reactancia y permanece constante. (Ruiz, 2016, p.245).

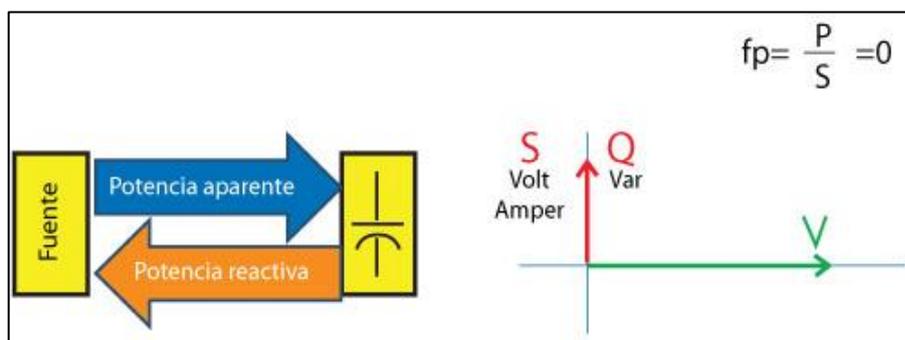


Figura 2. Parámetros en carga capacitiva
Fuente: Ruiz, 2016

La carga toma una potencia aparente (S) de la fuente, para consumirla, pero que posteriormente la regresa (Q), como potencia reactiva a la fuente, de tal forma que la carga no consume nada (P=0).

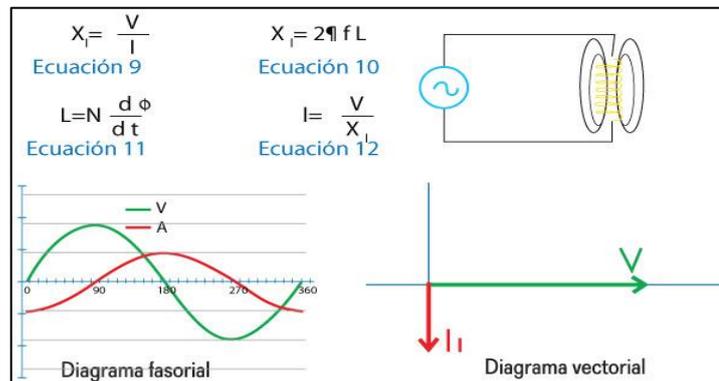


Figura 3. Diagrama fasorial y vectorial de energía reactiva
Fuente: Ruiz, 2016

Para la Carga inductiva, la potencia, que toma la carga en el primer medio ciclo de la fuente de corriente alterna, la convierte en campo magnético variable que, de acuerdo con las leyes de Faraday y Lenz, producen una tensión en la bobina que se opone a la fuente que la produce. De tal forma que en el siguiente medio ciclo regresa la potencia a la fuente. Al igual que en el capacitor, la inductancia (bobina) toma potencia de la fuente, la usa y posteriormente la regresa y no la consume. (Ruiz, 2016, p.253).

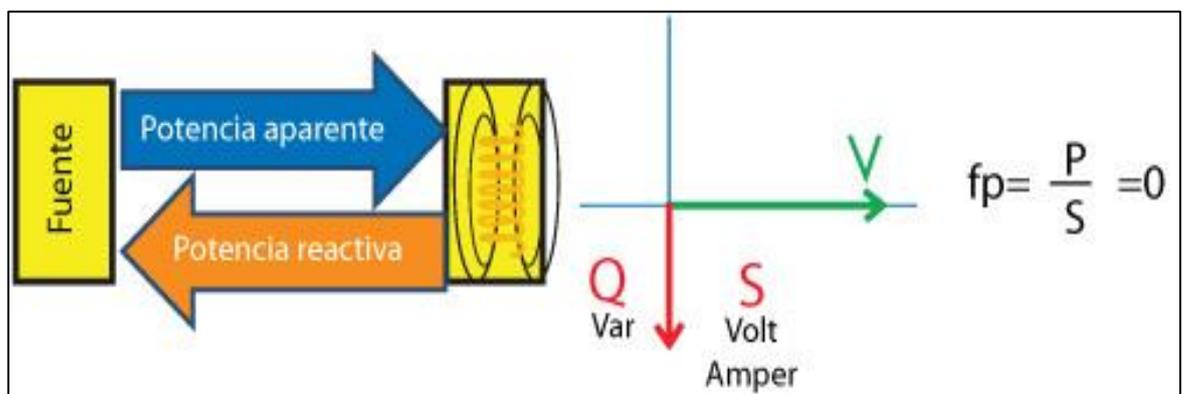


Figura 4. Diagrama fasorial y vectorial de energía inductiva
Fuente: Ruiz, 2016

De la misma manera que una carga capacitiva, la carga inductiva toma una potencia aparente (S) de la fuente, aparentemente para consumirla, pero que posteriormente la regresa (Q), como potencia reactiva a la fuente, desplazada 180° con respecto a la potencia reactiva capacitiva.

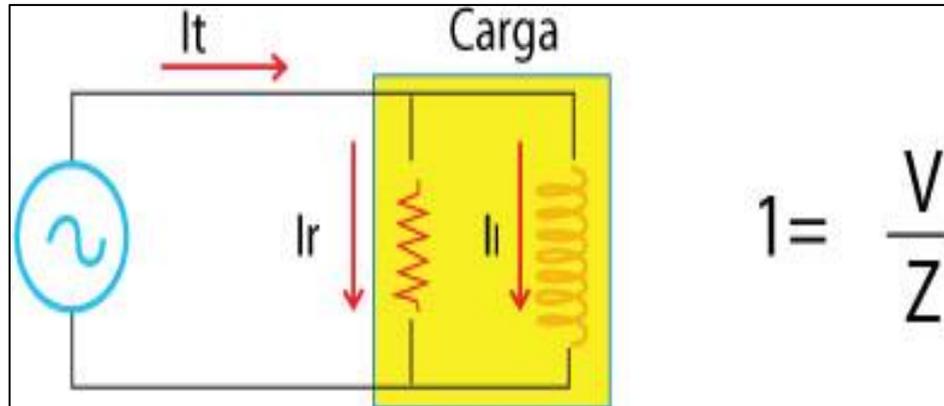


Figura 5. Circuito de una carga resistiva e inductiva
Fuente: Ruiz, 2016

La Carga mixta desde el punto de vista electrotécnico, pueden estar formadas por la combinación de elementos resistivos, capacitivos e inductivos. Como sucede en un motor, se puede representar como la combinación de un elemento resistivo y un elemento inductivo.

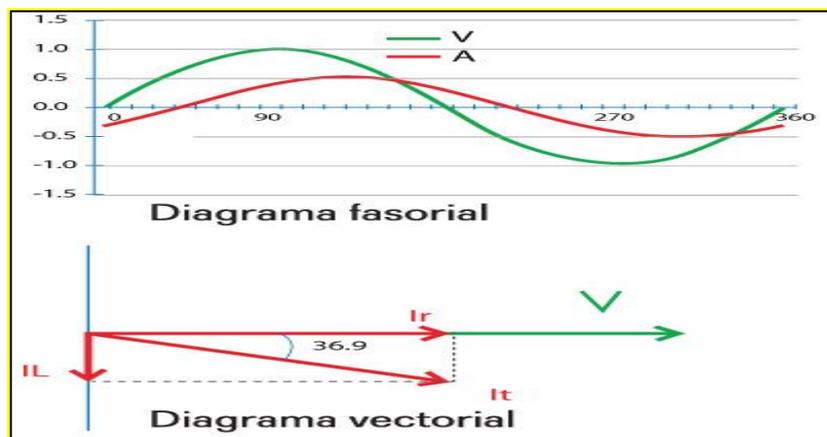


Figura 6. Circuito de una carga mixta
Fuente: Ruiz, 2016

En este caso se tiene una impedancia (Z) formada por R y Xl, bajo este modelo la corriente depende de la tensión y la impedancia.

En este caso la corriente se atrasa a un ángulo (ϕ), dando origen a las potencias: aparente (S), real (P) y reactiva (Q).

III. METODOLOGÍA.

3.1. Tipo y Diseño de Investigación.

Tipo de Investigación: Aplicada

Porque busca resolver el problema o planteamiento específico, enfocándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación y, por ende, para el enriquecimiento del desarrollo científico.

El problema presentado es real dado que la Implementación de procedimientos de la norma ISO 50001 para optimizar el consumo de energía eléctrica mejorara la gestión energética.

Diseño de la Investigación: Diseño experimental.

El diseño experimental es una técnica estadística que permite identificar y cuantificar las causas y el efecto dentro de un estudio experimental. En un diseño experimental se manipulan deliberadamente una o más variables, vinculadas a las causas, para medir el efecto que tienen en otra variable de interés

3.2. Variables y operacionalización:

Variable independiente: Estudio de la eficiencia energética eléctrica.

Variable dependiente: Mejorar los indicadores eléctricos y reducir facturación en la fábrica de ladrillo GREQ – Jaen

El cuadro de operacionalización de variables se detalla en el anexo 3.

3.3. Población, Muestra y muestreo.

Población: Está constituido por las fábricas de Ladrillos de Jaén.

Muestra: Instalaciones electromecánicas de la fábrica de ladrillos GREQ –Jaén.

Muestreo: Cargas eléctricas de mayor consumo de energía eléctrica.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En esta investigación se aplicaron las técnicas de recolección de datos: Guía de observación, análisis documental.

Guías de observación: Registros históricos de consumo de energía eléctrica. Registros de producción.

Análisis Documental. Eficiencia energética. Indicadores de consumo eléctrico. Fichas técnicas de motores eléctricos

3.5. Procedimientos

Se hizo el inventario de los mecanismos de los procesos productivos, así como también de los datos de los motores eléctricos, con ello se realizó las mediciones de los parámetros eléctricos y se compararon con los valores nominales a diferentes porcentajes de plena carga. Los motores eléctricos que tienen valores de eficiencia menores al 85% se analizan si aún es posible su uso con la reparación de sus bobinados, caso contrario el reemplazo de los mismos. Con ello se determina en qué medida se incrementa el valor del índice del consumo eléctrico de la planta. Con el análisis económico se determinó la viabilidad de la propuesta.

3.6. Método de análisis de datos.

Los datos se analizan utilizando las ecuaciones que relacionan los valores de eficiencia, así como también las relaciones de la potencia activa reactiva, aparente, intensidad de corriente eléctrica, tensión eléctrica, frecuencia, factor de potencia, factor de carga, así como de las relaciones de las variables eléctricas, para lo cual se utiliza el cálculo numérico y el Software Microsoft Excel, para el desarrollo de los mismos.

3.7. Aspectos éticos

Este proyecto se realizará manteniendo la confidencialidad de los antecedentes, documentos y datos con cual se realiza el estudio a fin de evitar cualquier hecho o situación que nos llevará a suponer u ocasionar un conflicto de intereses.

IV. RESULTADOS.

4.1. Diagnosticar el consumo actual de energía eléctrica y la facturación de energía eléctrica para determinar el índice de consumo eléctrico.

4.1.1 Flujograma del Proceso productivo.

En la figura 7, se muestra el flujo grama del proceso de fabricación de ladrillos desde el ingreso de la arcilla, hasta la salida del producto para el secado en el horno.

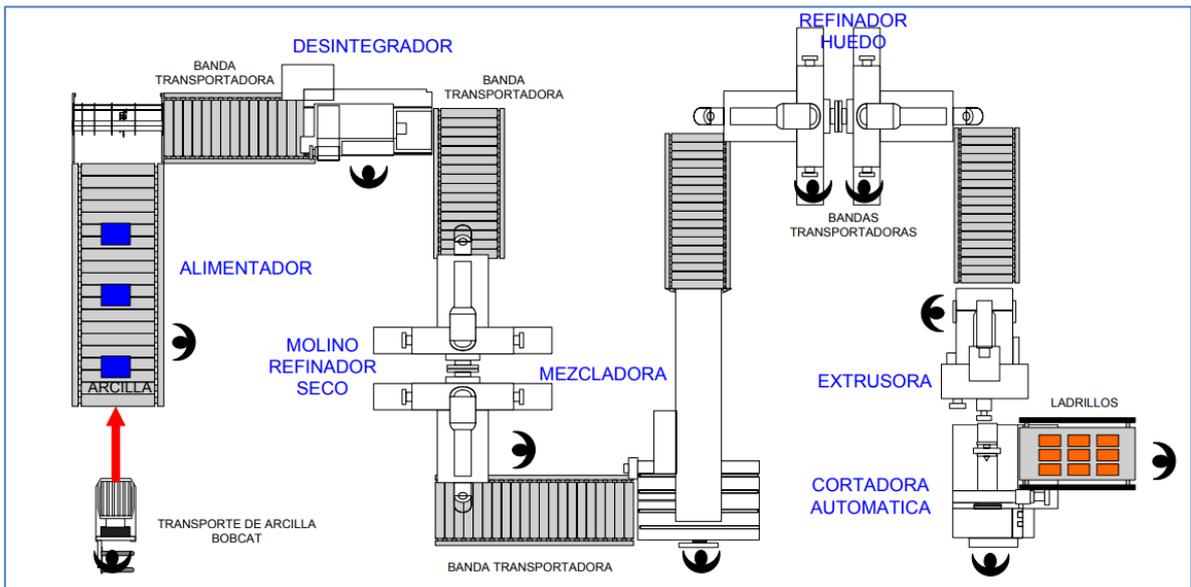


Figura 7. Flujograma de fabricación de ladrillo
Fuente: Fábrica de Ladrillos GREQ

Transporte de arcilla

La arcilla ingresa al proceso productivo y proviene de una zona aledaña a la instalación para la cual la arcilla, es transportada en camión de carga de 10 Toneladas de carga útil. La capacidad de procesamiento de arcilla de la planta para la elaboración de ladrillos es de 40 toneladas en un día de labor de 8 horas.

Alimentador

La arcilla es almacenada en un recipiente el cual tiene dimensiones de 10 metros de largo y un ancho de 1.20m, la altura regula la cantidad de arcilla en el alimentador, siendo la altura máxima de 0.60m. Es decir tiene un volumen de $10 \times 1.2 \times 0.6 = 7.2$ metros cúbicos. La densidad de la arcilla es de 2.7 Kg/dm³, es decir el peso total que puede recibir el alimentador del proceso es de $2.7 \times 7200 = 19.44$ Toneladas.

Banda Transportadora 1

Recibe el material desde el alimentador y es el encargado de dosificar la arcilla para la desintegración. Esta banda transportadora es accionada por un motor eléctrico de 2 HP, con reductor de velocidad, no posee mecanismo de regulación de la velocidad, y sólo se acciona un freno mecánico que detiene el movimiento de la banda transportadora.

Desintegrador.

Es un mecanismo tipo molino de martillos, es el que desintegra a partículas relativamente grandes de arcilla, con lo cual se consigue partículas pequeñas desintegrada, las partículas tienen tamaños diferentes, siendo las de mayor tamaño de 30 mm. La potencia del motor eléctrico es de 4.5 HP.

Banda Transportadora 2

Recibe el material desde el desintegrador y es el encargado de dosificar la arcilla para el molino refinador seco. Esta banda transportadora es accionada por un motor eléctrico de 2 HP con reductor de velocidad, no posee mecanismo de regulación de la velocidad, y sólo se acciona un freno mecánico que detiene el movimiento de la banda transportadora.

Molino Refinador Seco

Se realiza la desintegración total de la arcilla, con tamaños de partículas no mayor a 0.2 mm. El molino es de martillos, con potencia de 3.5 HP.

Banda Transportadora 3

Recibe el material desde el molino refinador y es el encargado de dosificar la arcilla para la mezcladora con agua. Esta banda transportadora es accionada por un motor eléctrico de 2 HP, con reductor de velocidad, no posee mecanismo de regulación de la velocidad, y sólo se acciona un freno mecánico que detiene el movimiento de la banda transportadora.

Mezcladora

Es aquí donde la arcilla se mezcla con agua y aditivos, se realiza por intermedio de paletas que son accionados por motor eléctrico de 6.5 HP. No posee mecanismos de control de velocidad.

Molino Refinador Húmedo

Se realiza la desintegración total de la arcilla húmeda. El molino es de martillos, con potencia de 7.5 HP.

Banda Transportadora 4

Recibe el material desde el molino refinador húmedo y es el encargado de dosificar la arcilla en la maquina extrusora. Esta banda transportadora es accionada por un motor eléctrico de 2 HP, con reductor de velocidad, no posee mecanismo de regulación de la velocidad, y sólo se acciona un freno mecánico que detiene el movimiento de la banda transportadora.

Extrusión.

La extrusión de la masa húmeda, se realiza en la máquina extrusora, con una potencia del motor eléctrico de 7.5 HP.

Cortadora Automática.

Realiza el corte de los ladrillos, utiliza motor eléctrico de 1HP.

4.1.2. Potencia Instalada

La potencia instalada de la planta es de 30.97 KW en el área de procesamiento y de 4.57 KW en el área administrativa, totalizando 35.54 KW. En la tabla 1, se tiene en detalle las potencias instaladas.

Tabla 1. *Potencia Instalada Planta de ladrillos GREQ - Jaén*

| Area | Mecanismo | Cantidad | Potencia Instalada (KW) | Total Potencia Instalada (KW) |
|----------------|-------------------------|----------|-------------------------|-------------------------------|
| Procesamiento | Banda Transportadora 1 | 1 | 1.49 | 1.492 |
| | Desintegrador | 1 | 3.36 | 3.357 |
| | Banda Transportadora 2 | 1 | 1.49 | 1.492 |
| | Molino refinador seco | 1 | 2.61 | 2.611 |
| | Banda Transportadora 3 | 1 | 1.49 | 1.492 |
| | Mezcladora | 1 | 4.85 | 4.849 |
| | Molino refinador húmedo | 1 | 5.60 | 5.595 |
| | Bomba de agua | 1 | 1.87 | 1.865 |
| | Banda Transportadora 3 | 1 | 1.49 | 1.492 |
| | Extrusor | 1 | 5.60 | 5.595 |
| | Cortadora automática | 1 | 0.75 | 0.746 |
| | Fluorescentes | 12 | 0.03 | 0.384 |
| | Total (KW) | | | |
| Administrativa | Computadora | 3 | 0.34 | 1.02 |
| | Impresora | 1 | 0.22 | 0.22 |
| | TV | 1 | 0.34 | 0.34 |
| | Fluorescentes | 6 | 0.03 | 0.192 |
| | Aire acondicionado | 2 | 1.4 | 2.8 |
| | Total (KW) | | | |

Fuente: Área administrativa ladrillos GREQ - Jaén

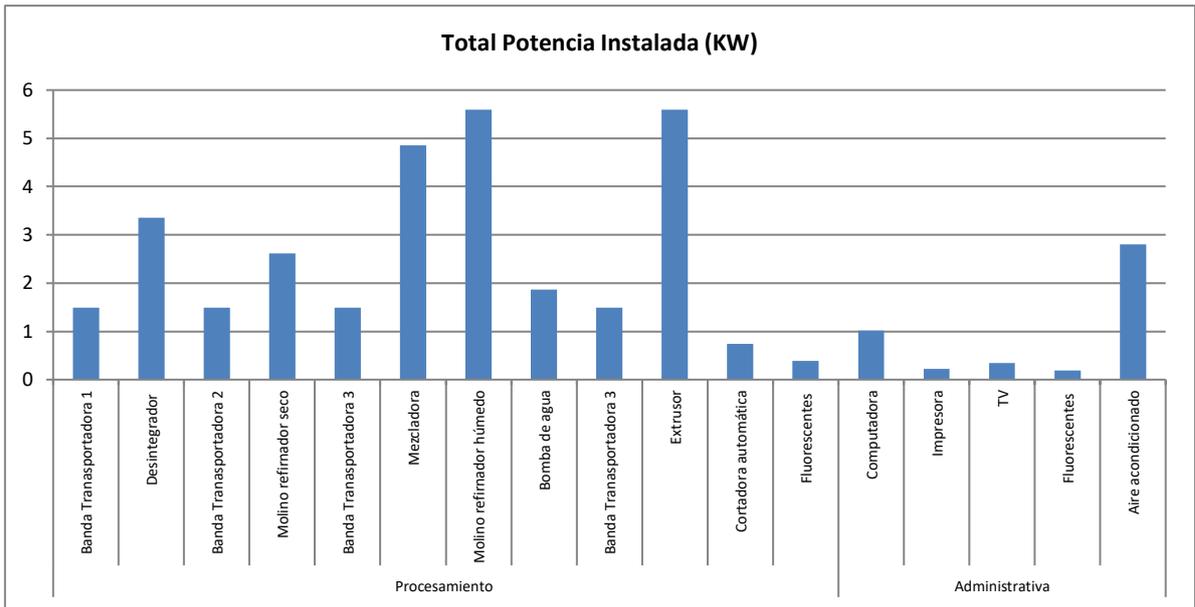


Figura 8. Potencia Instalada total en planta de ladrillos GREQ
Fuente: Área administrativa ladrillos GREQ - Jaén

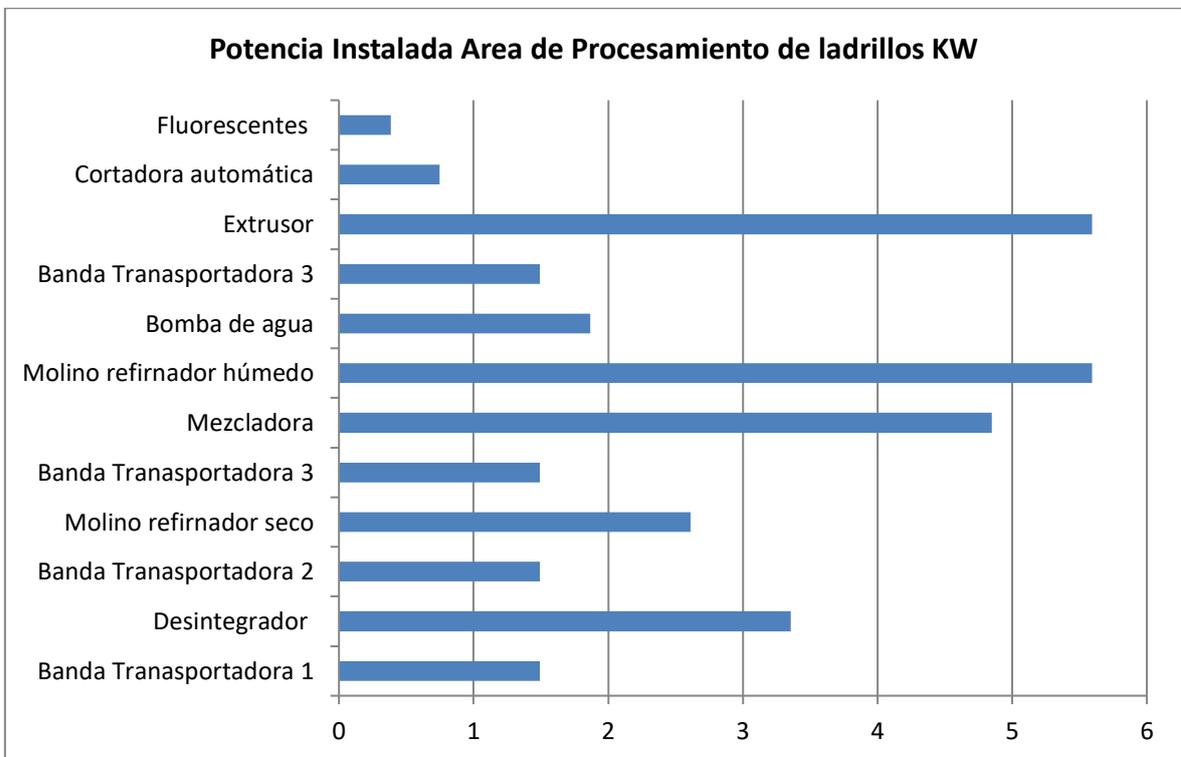


Figura 9. Potencia de cada mecanismo de procesamiento de ladrillos
Fuente: Área administrativa ladrillos GREQ - Jaén

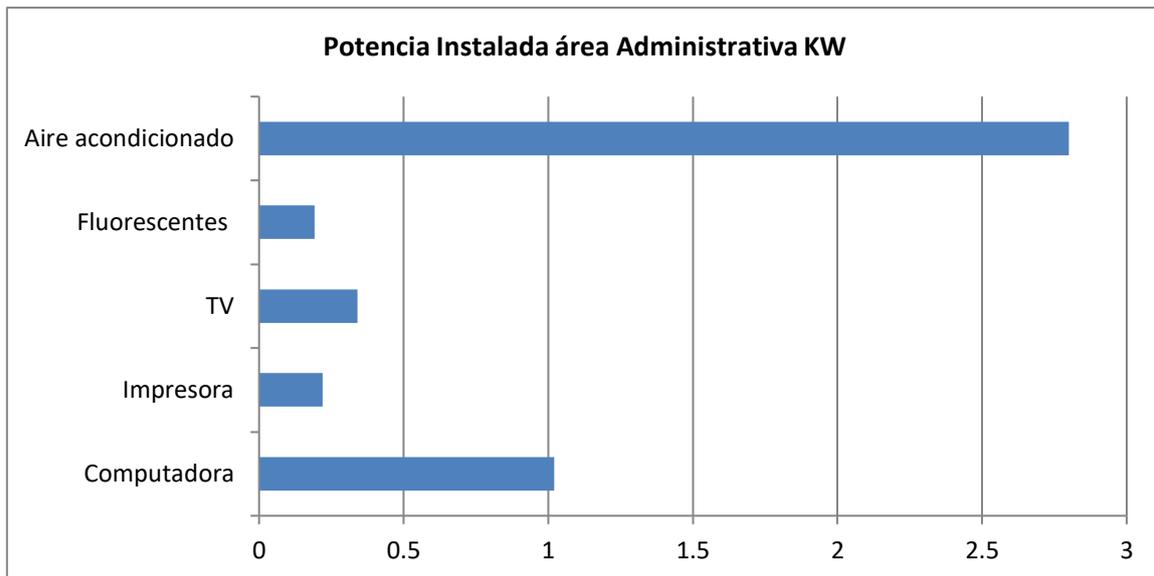


Figura 10. Potencia instalada área administrativa
Fuente: Área administrativa ladrillos GREQ – Jaén

4.1.3. Suministro de Energía Eléctrica.

La empresa tiene suministro de energía eléctrica con pliego tarifario MT3, del concesionario ELECTRO ORIENTE, potencia contratada de 40 KW, está calificado como cliente fuera de punta, potencia del transformador de 50 KVA.

4.1.4. Históricos de consumo de energía eléctrica

En la tabla 2, se muestra los registros históricos de consumo de energía eléctrica, tanto en la demanda como en energía activa y reactiva, desde el mes de marzo 2018 hasta el mes de noviembre 2019.

Tabla 2. Registros Históricos de Consumo de Energía Eléctrica

| Mes | Demanda (KW) | | Energía Activa (KW-H) | | | Energía Reactiva (KVAR-h) | Facturación S/. |
|--------|--------------|----------------------|-----------------------|----------------------|--------|---------------------------|-----------------|
| | Horas Punta | Horas Fuera de Punta | Horas Punta | Horas Fuera de Punta | Total | | |
| mar-18 | 21.2 | 25.4 | 441.0 | 4887.0 | 5327.9 | 1973.3 | 3591.4 |
| abr-18 | 23.2 | 23.4 | 482.6 | 4502.2 | 4984.7 | 1846.2 | 3360.1 |
| may-18 | 20.4 | 21.3 | 400.4 | 4098.1 | 4498.5 | 1666.1 | 3032.3 |
| jun-18 | 16.7 | 26.5 | 347.4 | 5098.6 | 5446.0 | 2017.0 | 3671.0 |
| jul-18 | 17.7 | 21.6 | 368.2 | 4155.8 | 4524.0 | 1675.6 | 3049.5 |
| ago-18 | 14.5 | 25.4 | 319.8 | 4887.0 | 5206.8 | 1928.4 | 3509.7 |
| sep-18 | 14.7 | 26.7 | 305.8 | 4893.2 | 5199.0 | 1925.5 | 3504.5 |
| oct-18 | 21.2 | 21.3 | 441.0 | 4098.1 | 4539.1 | 1763.0 | 3076.0 |
| nov-18 | 14.3 | 22.2 | 343.2 | 4271.3 | 4614.5 | 1709.1 | 3110.5 |
| dic-18 | 14.3 | 22.5 | 297.4 | 4323.8 | 4621.2 | 1677.0 | 3108.1 |
| ene-19 | 14.5 | 26.4 | 301.6 | 5079.4 | 5381.0 | 1992.9 | 3627.2 |
| feb-19 | 16.5 | 23.2 | 312.0 | 4463.7 | 4775.7 | 1768.8 | 3219.2 |
| mar-19 | 13.4 | 24.3 | 278.7 | 4451.2 | 4729.9 | 1721.0 | 3182.2 |
| abr-19 | 16.5 | 21.2 | 343.2 | 4078.9 | 4422.1 | 1637.8 | 2980.8 |
| may-19 | 15.4 | 23.4 | 348.4 | 4502.2 | 4850.6 | 1796.5 | 3269.6 |
| jun-19 | 14.4 | 27.3 | 299.5 | 4867.2 | 5166.7 | 1676.0 | 3435.2 |
| jul-19 | 20.4 | 25.4 | 424.3 | 4887.0 | 5311.3 | 1967.1 | 3580.2 |
| ago-19 | 16.7 | 23.4 | 347.4 | 4502.2 | 4849.5 | 1652.0 | 3240.1 |
| sep-19 | 13.4 | 24.3 | 291.2 | 4451.2 | 4742.4 | 1756.4 | 3196.7 |
| oct-19 | 14.5 | 25.1 | 301.6 | 4829.2 | 5130.8 | 1900.3 | 3458.6 |
| nov-19 | 14.7 | 23.3 | 267.8 | 4451.2 | 4719.0 | 1675.0 | 3166.4 |

Fuente: ELECTRO ORIENTE, 2020.

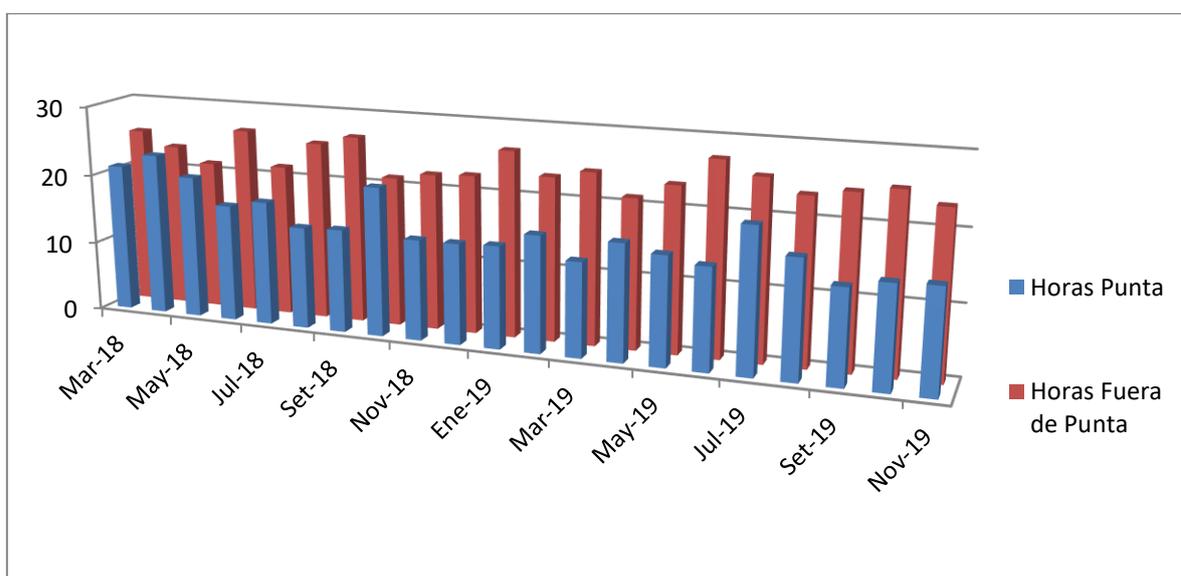


Figura 11. Demanda en KW, en horas punta y fuera de punta
Fuente: ELECTRO ORIENTE, 2020.

En la figura 11, se observa la tendencia de la máxima demanda en horas punta y fuera de punta, con un valor de 27.3 KW, como valor máximo en el mes de Junio del 2019, el cual ocurrió en horas fuera de punta.

En la Figura 12, se muestra la tendencia de los consumos de energía activa en horas punta y fuera de punta, así como de la energía activa total consumida.

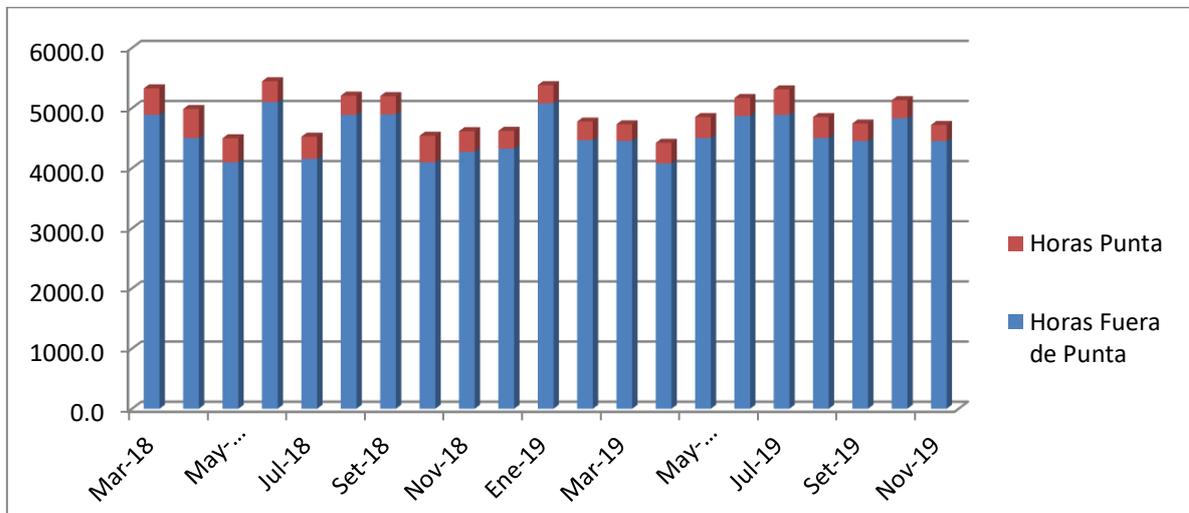


Figura 12. Consumo de energía activa (KW), en horas punta y fuera de punta
Fuente: ELECTRO ORIENTE, 2020.

En la figura 12, se aprecia que el valor del mayor consumo de energía activa se produce en horas fuera de punta, es debido a que el horario de trabajo de la planta de ladrillos es de las 09.00 a las 18.00 horas, sin embargo, existe algunos días en que la operación se alarga de tiempo hasta las 19.30, es por ello que ahí se registra el consumo de energía activa en horas punta.

En la figura 13, se muestra la evolución de consumo de energía reactiva de los diferentes motores eléctricos que accionan los mecanismos de la planta de fabricación de ladrillos, en el cual el valor de la energía reactiva supera al 30% de la energía activa total, es por ello que en la facturación eléctrica se tiene el pago por energía reactiva.

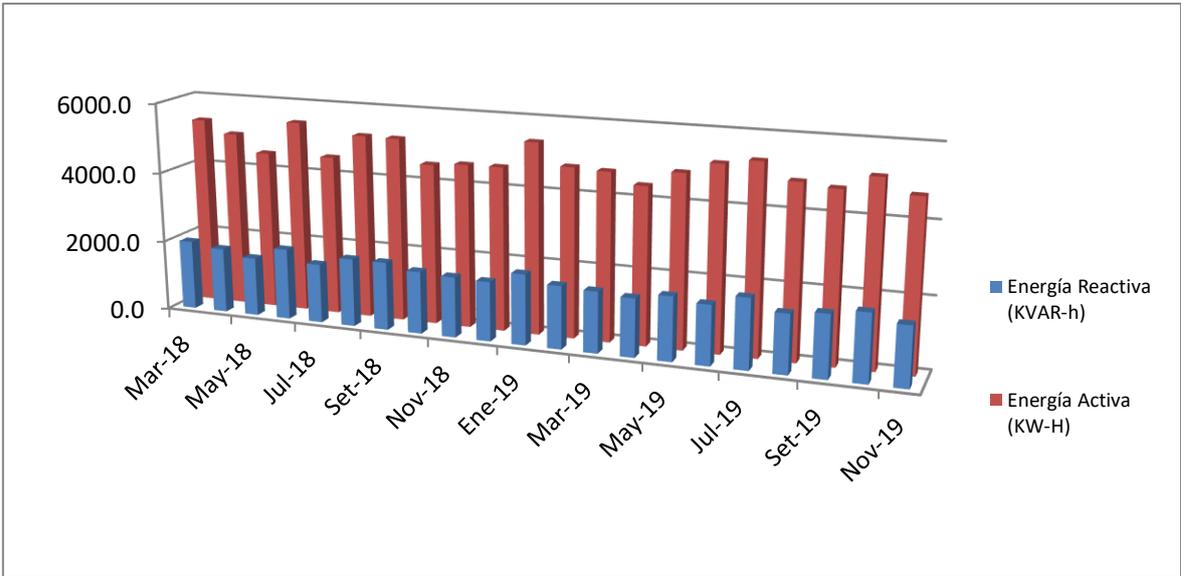


Figura 13. Evolución de consumo de energía reactiva, en función a la energía activa, en KVAR-h
Fuente: ELECTRO ORIENTE, 2020.

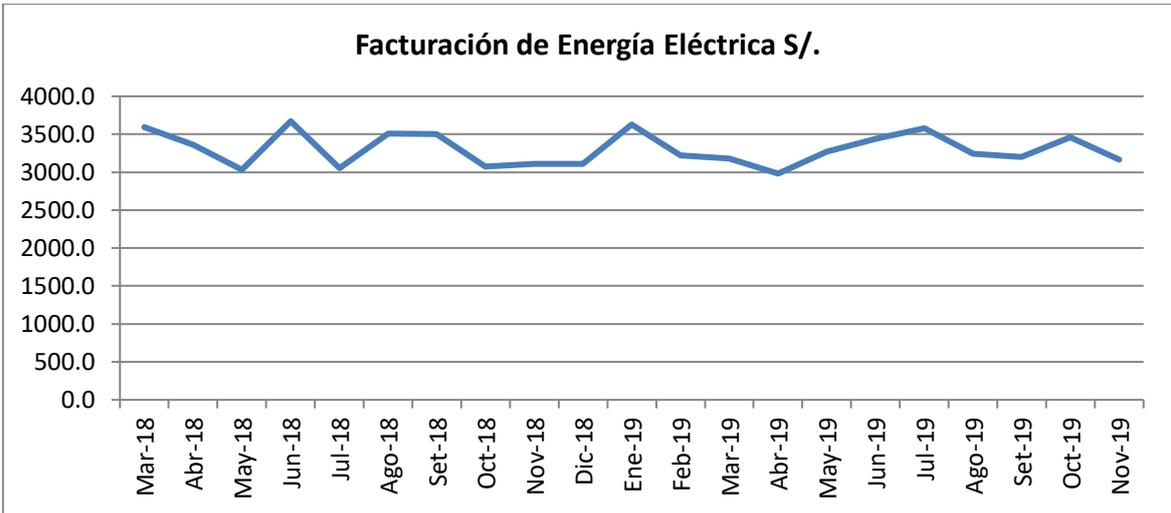


Figura 14. Evolución de la facturación de energía eléctrica
Fuente: ELECTRO ORIENTE, 2020.

4.1.5. Determinar el índice de consumo eléctrico

Cantidad de ladrillos fabricado.

En la tabla 3, se muestran la cantidad en millares de ladrillos producidos en la fábrica, teniendo en cuenta que la mayor producción de ladrillos es el ladrillo King Kong de dimensiones 24x13x8 cm

Tabla 3. *Producción de ladrillos*

| Mes | Arcilla procesada (T.M) | Millares de ladrillos |
|--------|-------------------------|-----------------------|
| mar-18 | 1034 | 191 |
| abr-18 | 1023 | 189 |
| may-18 | 980 | 181 |
| jun-18 | 1132 | 210 |
| jul-18 | 1100 | 204 |
| ago-18 | 989 | 183 |
| sep-18 | 980 | 181 |
| oct-18 | 934 | 173 |
| nov-18 | 1002 | 186 |
| dic-18 | 1023 | 189 |
| ene-19 | 1120 | 207 |
| feb-19 | 1230 | 228 |
| mar-19 | 1120 | 207 |
| abr-19 | 1029 | 191 |
| may-19 | 1032 | 191 |
| jun-19 | 980 | 181 |
| jul-19 | 901 | 167 |
| ago-19 | 1002 | 186 |
| sep-19 | 1120 | 207 |
| oct-19 | 990 | 183 |
| nov-19 | 994 | 184 |

Fuente. Área administrativa Ladrillos GREQ.

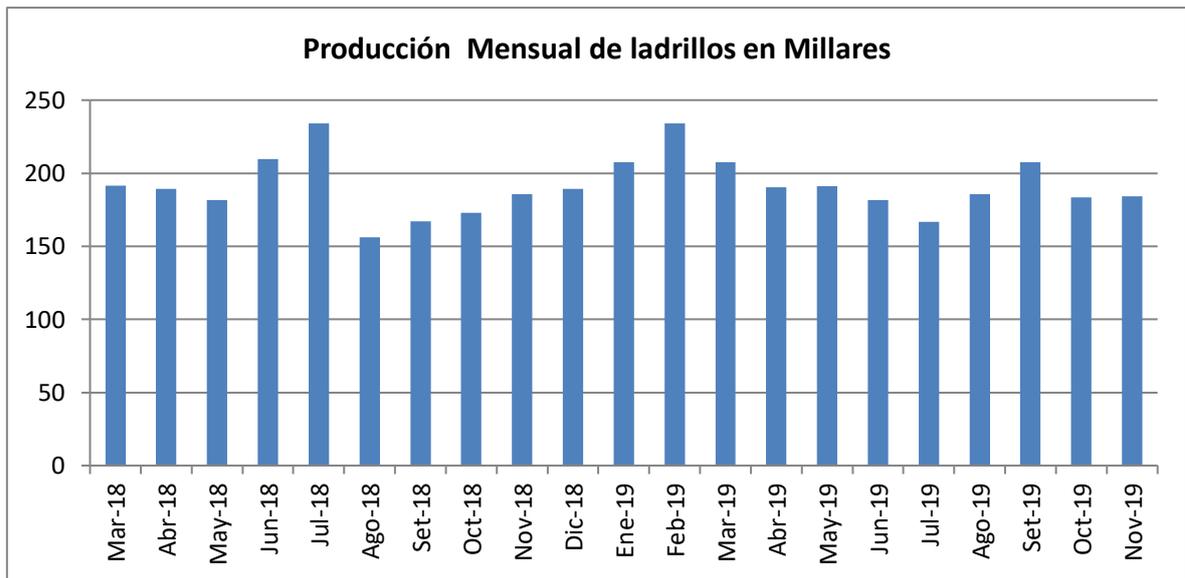


Figura 15. Producción mensual de ladrillos en Millares
Fuente. Área administrativa Ladrillos GREQ.

El índice de consumo eléctrico, es un valor que muestra la relación que existe en el consumo de energía eléctrica total en la planta de fabricación de ladrillos y la producción de ladrillos en el periodo de un mes. Se obtiene de la expresión:

$$I.C.E. = 100 * \frac{E}{P}$$

Dónde:

I.C.E. índice de Consumo Eléctrico, en Porcentaje.

E: Energía activa total consumida, en KW-h

P: Millares de ladrillos fabricados en el periodo de un mes.

En la tabla 4, se muestra el resultado del cálculo del I.C.E

Tabla 4. Índice de Consumo Eléctrico fabricación de ladrillos

| Mes | Energía Activa Total KW-h | Cantidad de ladrillos fabricados (Millares) | I.C.E (KW-H/Millar de ladrillos) |
|--------|---------------------------|---|----------------------------------|
| mar-18 | 5327.9 | 191 | 27.82 |
| abr-18 | 4984.7 | 189 | 26.31 |
| may-18 | 4498.5 | 181 | 24.79 |
| jun-18 | 5446.0 | 210 | 25.98 |
| jul-18 | 4524.0 | 234 | 19.33 |
| ago-18 | 5206.8 | 156 | 33.38 |
| sep-18 | 5199.0 | 167 | 31.13 |
| oct-18 | 4539.1 | 173 | 26.24 |
| nov-18 | 4614.5 | 186 | 24.87 |
| dic-18 | 4621.2 | 189 | 24.39 |
| ene-19 | 5381.0 | 207 | 25.94 |
| feb-19 | 4775.7 | 234 | 20.41 |
| mar-19 | 4729.9 | 207 | 22.80 |
| abr-19 | 4422.1 | 191 | 23.21 |
| may-19 | 4850.6 | 191 | 25.38 |
| jun-19 | 5166.7 | 181 | 28.47 |
| jul-19 | 5311.3 | 167 | 31.83 |
| ago-19 | 4849.5 | 186 | 26.14 |
| sep-19 | 4742.4 | 207 | 22.87 |
| oct-19 | 5130.8 | 183 | 27.99 |
| nov-19 | 4719.0 | 184 | 25.64 |

Fuente: Elaboración propia

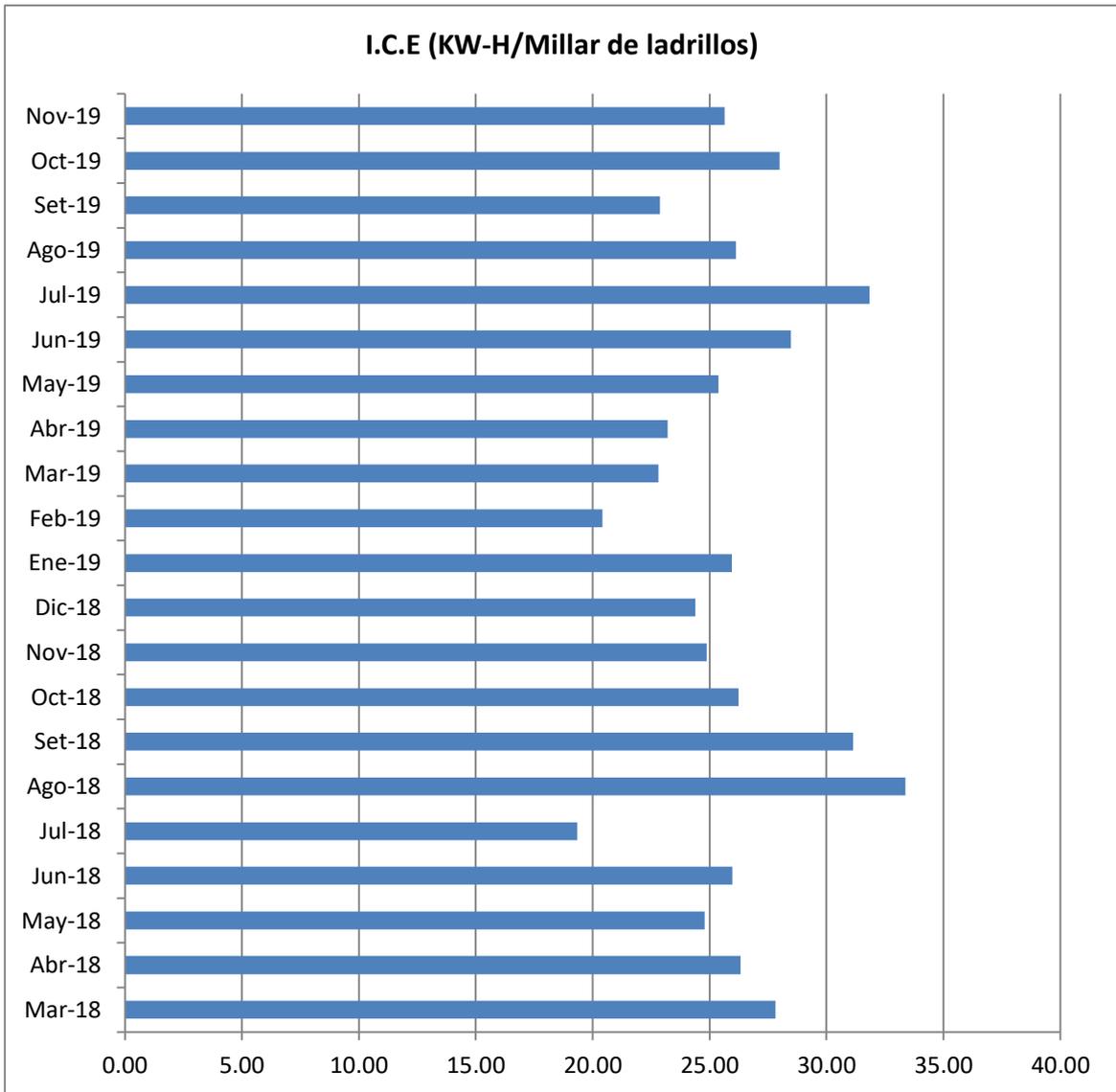


Figura 16. Índice de Consumo Eléctrico
Fuente: elaboración propia.

De la tabla 5, se analiza el valor del índice de consumo eléctrico, en el cual se observa que tiene una variabilidad en los diferentes meses. Se agrupa éste indicador en tres rangos. ICE menor a 25, ICE entre 25 y 30, ICE mayor a 30 KWh/millar de ladrillo. En la tabla 5 se muestra la calificación del ICE

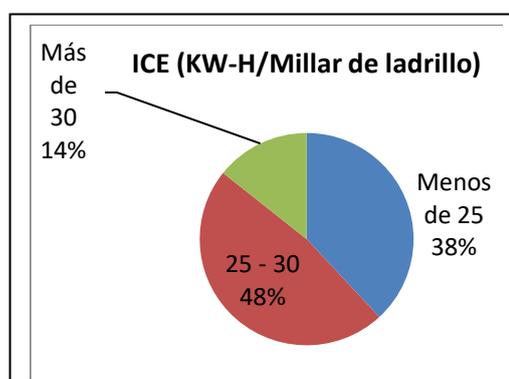
Tabla 5. Calificación de ICE

| Mes | I.C.E (KW-H/Millar de ladrillos) | CALIFICACIÓN DE ICE |
|--------|----------------------------------|---------------------|
| jul-18 | 19.33 | ICE BAJO |
| feb-19 | 20.41 | |
| mar-19 | 22.80 | |
| sep-19 | 22.87 | |
| abr-19 | 23.21 | |
| dic-18 | 24.39 | |
| may-18 | 24.79 | |
| nov-18 | 24.87 | |
| may-19 | 25.38 | ICE MEDIO |
| nov-19 | 25.64 | |
| ene-19 | 25.94 | |
| jun-18 | 25.98 | |
| ago-19 | 26.14 | |
| oct-18 | 26.24 | |
| abr-18 | 26.31 | |
| mar-18 | 27.82 | |
| oct-19 | 27.99 | ICE ALTO |
| jun-19 | 28.47 | |
| sep-18 | 31.13 | |
| jul-19 | 31.83 | |
| ago-18 | 33.38 | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. % de meses con calificación de ICE

| ICE (KW-H/Millar de ladrillo) | N° Meses | % |
|-------------------------------|----------|-------|
| Menos de 25 | 8 | 38.1 |
| 25 – 30 | 10 | 47.6 |
| Más de 30 | 3 | 14.3 |
| Total | 21 | 100.0 |



Fuente: Autoría propia.

Se concluye que el índice de consumo eléctrico (ICE) menor a 25 KW-H/millar de ladrillo, representa el 8%, el ICE entre 25 y 30 KW.H/millar de ladrillo representa el 47.6% y el ICE mayor a 30 representa el 14.3%.

Si se analiza la facturación eléctrica y la producción mensual de ladrillos en millares, se tiene el costo de la energía eléctrica de la fabricación de un millar de ladrillos, en la tabla 7, se muestra la variación de este valor.

Tabla 7. Costo por energía eléctrica de un millar de ladrillos

| Mes | Facturación S/. | Cantidad de ladrillos fabricados (Millares) | Costo por energía eléctrica de un millar de ladrillos |
|--------|-----------------|---|---|
| mar-18 | 3591.4 | 191.5 | 18.8 |
| abr-18 | 3360.1 | 189.4 | 17.7 |
| may-18 | 3032.3 | 181.5 | 16.7 |
| jun-18 | 3671.0 | 209.6 | 17.5 |
| jul-18 | 3049.5 | 234.0 | 13.0 |
| ago-18 | 3509.7 | 156.0 | 22.5 |
| sep-18 | 3504.5 | 167.0 | 21.0 |
| oct-18 | 3076.0 | 173.0 | 17.8 |
| nov-18 | 3110.5 | 185.6 | 16.8 |
| dic-18 | 3108.1 | 189.4 | 16.4 |
| ene-19 | 3627.2 | 207.4 | 17.5 |
| feb-19 | 3219.2 | 234.0 | 13.8 |
| mar-19 | 3182.2 | 207.4 | 15.3 |
| abr-19 | 2980.8 | 190.6 | 15.6 |
| may-19 | 3269.6 | 191.1 | 17.1 |
| jun-19 | 3435.2 | 181.5 | 18.9 |
| jul-19 | 3580.2 | 166.9 | 21.5 |
| ago-19 | 3240.1 | 185.6 | 17.5 |
| sep-19 | 3196.7 | 207.4 | 15.4 |
| oct-19 | 3458.6 | 183.3 | 18.9 |
| nov-19 | 3166.4 | 184.1 | 17.2 |

Fuente: elaboración Propia.

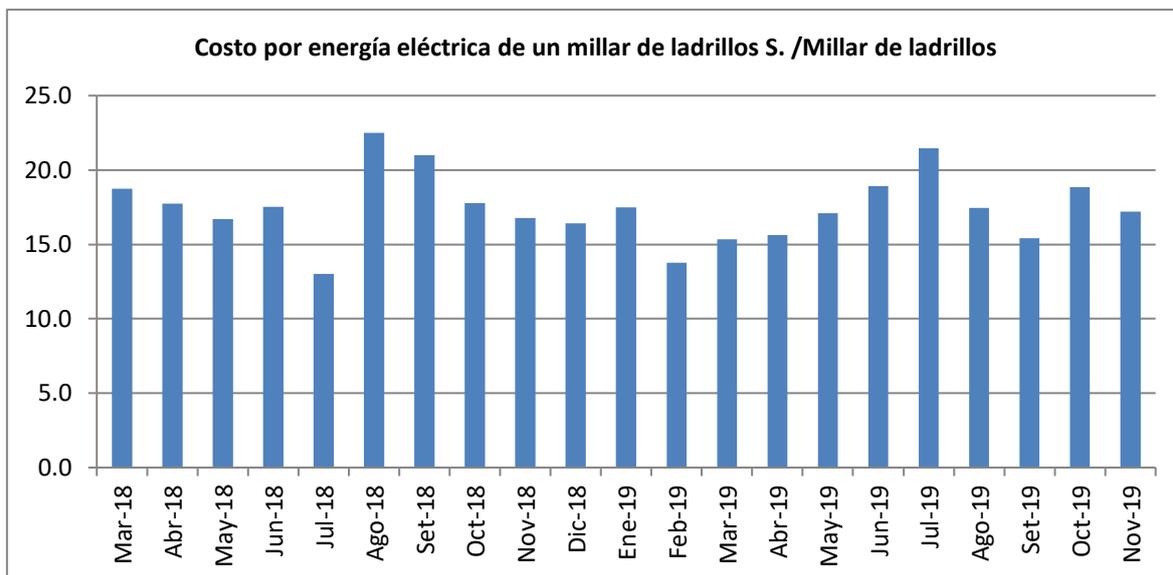


Figura 17. Costo por energía eléctrica de un millar de ladrillos S/. Millar de ladrillos
Fuente: Elaboración propia.

4.2. Hacer mediciones de los niveles de tensión, consumo de corriente eléctrica, factor de potencia y tiempos de funcionamiento de los motores eléctricos de la fábrica GREQ – Jaén.

4.2.1. Protocolo de Mediciones.

Las mediciones de los niveles de tensión, Intensidad de Corriente Eléctrica y Factor de Potencia, se hicieron con un multímetro digital Fluke 870 V MAX, calibrado.

Medición de Tensión Eléctrica.

- Instalación del multímetro en escala voltímetro en cada una de las fases de los motores que accionan los mecanismos del proceso de fabricación de ladrillos.
- Registro de la medición del nivel de tensión cuando la operación del mecanismo del proceso productivo sea a su máxima capacidad.
- Realizar tres mediciones por cada fase.

Intensidad de Corriente Eléctrica.

- Instalación del multímetro en la escala amperímetro en cada una de las líneas del circuito de alimentación eléctrica del motor eléctrico.
- Registro de la medición del consumo de corriente eléctrica, cuando la operación del mecanismo del proceso productivo sea a su máxima capacidad.
- Realizar tres mediciones por cada línea.

Factor de Potencia.

- Instalación del multímetro en cada una de las líneas del circuito de alimentación eléctrica del motor eléctrico, para lo cual se utilizó la opción en modo cosfímetro.
- Registro de la medición de factor de potencia, cuando la operación del mecanismo del proceso productivo sea a su máxima capacidad.
- Realizar tres mediciones por cada línea.

4.2.2. Mediciones realizadas.

Tabla 8. Mediciones del Nivel de Tensión en Motores eléctricos

| Motor Eléctrico: | Potencia Instalada (KW) | Fases | Tensión Nominal (Voltios) | Tensión Medida (Voltios) | | | |
|-------------------------|-------------------------|------------|---------------------------|--------------------------|-----|-----|-----|
| | | | | Monofásica | R-S | S-T | T-R |
| Banda Transportadora 1 | 1.49 | Monofásico | 220 | 212.0 | | | |
| Desintegrador | 3.36 | Trifásico | 380 | | 365 | 371 | 370 |
| Banda Transportadora 2 | 1.49 | Monofásico | 220 | 211 | | | |
| Molino refinador seco | 2.61 | Trifásico | 220 | | 361 | 364 | 361 |
| Banda Transportadora 3 | 1.49 | Monofásico | 220 | 209 | | | |
| Mezcladora | 4.85 | Trifásico | 380 | | 365 | 366 | 371 |
| Molino refinador húmedo | 5.6 | Trifásico | 380 | | 367 | 368 | 363 |
| Bomba de agua | 1.87 | Monofásico | 220 | 210 | | | |
| Banda Transportadora 3 | 1.49 | Monofásico | 220 | 214 | | | |
| Extrusor | 5.6 | Trifásico | 380 | | 364 | 370 | 363 |
| Cortadora automática | 0.75 | Monofásico | 220 | 210 | | | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Mediciones de Consumo de corriente eléctrica de motores eléctricos.

| Motor Eléctrico: | Potencia Instalada (KW) | Fases | Intensidad de corriente eléctrica Nominal (Amperios) | Intensidad de Corriente eléctrica Medida (Amperios) | | | |
|-------------------------|-------------------------|------------|--|---|------|------|------|
| | | | | Monofásica | R-S | S-T | T-R |
| Banda Transportadora 1 | 1.49 | Monofásico | 220 | 7.41 | | | |
| Desintegrador | 3.36 | Trifásico | 380 | | 5.11 | 5.13 | 5.01 |
| Banda Transportadora 2 | 1.49 | Monofásico | 220 | 7.32 | | | |
| Molino refinador seco | 2.61 | Trifásico | 380 | | 4.41 | 4.31 | 4.34 |
| Banda Transportadora 3 | 1.49 | Monofásico | 220 | 7.23 | | | |
| Mezcladora | 4.85 | Trifásico | 380 | | 7.21 | 7.14 | 7.17 |
| Molino refinador húmedo | 5.6 | Trifásico | 380 | | 8.67 | 8.54 | 8.59 |
| Bomba de agua | 1.87 | Monofásico | 220 | 8.52 | | | |
| Banda Transportadora 3 | 1.49 | Monofásico | 220 | 7.12 | | | |
| Extrusor | 5.6 | Trifásico | 380 | | 8.45 | 8.34 | 8.29 |
| Cortadora automática | 0.75 | Monofásico | 220 | 3.21 | | | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Mediciones de Factor de Potencia de motores eléctricos

| Motor Eléctrico: | Potencia Instalada (KW) | Fases | Tensión Nominal (voltios) | Factor de Potencia |
|-------------------------|-------------------------|------------|---------------------------|--------------------|
| Banda Transportadora 1 | 1.49 | Monofásico | 220 | 0.91 |
| Desintegrador | 3.36 | Trifásico | 380 | 0.85 |
| Banda Transportadora 2 | 1.49 | Monofásico | 220 | 0.87 |
| Molino refinador seco | 2.61 | Trifásico | 220 | 0.85 |
| Banda Transportadora 3 | 1.49 | Monofásico | 220 | 0.85 |
| Mezcladora | 4.85 | Trifásico | 380 | 0.83 |
| Molino refinador húmedo | 5.6 | Trifásico | 380 | 0.87 |
| Bomba de agua | 1.87 | Monofásico | 220 | 0.86 |
| Banda Transportadora 3 | 1.49 | Monofásico | 220 | 0.86 |
| Extrusor | 5.6 | Trifásico | 380 | 0.85 |
| Cortadora automática | 0.75 | Monofásico | 220 | 0.89 |

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Análisis de las mediciones.

De las mediciones del nivel de voltaje, se observó que éstos presentan variación entre las tensiones de línea en los motores con suministro eléctrico trifásico, así como también tienen valores inferiores a los 380 voltios, en cuanto a la tensión en los motores monofásicos, se evidenció que tienen valores inferiores a los 220 Voltios.

El porcentaje de caída de tensión se calcula con la expresión:

$$\Delta V(\%) = (V - V_n) / V_n$$

Dónde:

$\Delta V(\%)$: Caída de tensión en %.

V: Tensión eléctrica medida en motor eléctrico

VN: Tensión Nominal. (Tensión de Línea 380 V para sistema trifásico, y 220 V para monofásico).

En la tabla 11, se observa el análisis del porcentaje de caída de tensión en cada uno de ellos.

Tabla 11. *Caída de tensión en motores eléctricos*

| Motor Eléctrico: | Potencia Instalada (KW) | Tensión Nominal (Voltios) | Caída de Tensión en % | | | |
|-------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------|-----|-----|-----|
| | | | Monofásica | R-S | S-T | T-R |
| Banda Transportadora 1 | 1.49 | 220 | 3.6 | | | |
| Desintegrador | 3.36 | 380 | | 3.9 | 2.4 | 2.6 |
| Banda Transportadora 2 | 1.49 | 220 | 4.1 | | | |
| Molino refinador seco | 2.61 | 220 | | 5.0 | 4.2 | 5.0 |
| Banda Transportadora 3 | 1.49 | 220 | 5.0 | | | |
| Mezcladora | 4.85 | 380 | | 3.9 | 3.7 | 2.4 |
| Molino refinador húmedo | 5.6 | 380 | | 3.4 | 3.2 | 4.5 |
| Bomba de agua | 1.87 | 220 | 4.5 | | | |
| Banda Transportadora 3 | 1.49 | 220 | 2.7 | | | |
| Extrusor | 5.6 | 380 | | 4.2 | 2.6 | 4.5 |
| Cortadora automática | 0.75 | 220 | 4.5 | | | |

Fuente: Elaboración Propia.

De la tabla 11, se evidenció lo siguiente:

- En el caso de los motores eléctricos monofásicos en todos, la caída de tensión es significativa, el valor más bajo de caída de tensión es del 2.7%, mientras que la mayor caída de tensión es del 5.0%; ésta caída de tensión es el motivo por el cual los motores al funcionar presentan inestabilidad al arranque y en algunas oportunidades no arrancan.
- En el caso de los motores eléctricos trifásicos en todos, la caída es significativa en todas las tensiones de línea, el valor más bajo de caída de tensión es del 2.4% en la línea S-T del motor eléctrico que acciona el desintegrador de la arcilla del proceso de fabricación de ladrillos, el valor más alto de caída de tensión es en el molino refinador seco, con 5%.
- Existe desbalanceo de las tensiones de línea de los motores eléctricos; en el caso de la máquina extrusora que es la de mayor potencia instalada en la planta, las caídas de tensiones en las líneas son de 4.2, 2.6 y 4.5%, valores que hacen que el funcionamiento del motor eléctrico, se realice con deficiencia en cuanto a la estabilidad del torque y de las rpm.
- Se realizó las mediciones de corriente en cada una de las fases de los motores eléctricos que accionan los mecanismos del proceso de producción de ladrillos.

De las mediciones del factor de potencia, con dicho valor se puede determinar la potencia reactiva en cada uno de los motores; la expresión que determina la potencia reactiva es:

$$Q = k.V * I * Sen\theta$$

Dónde:

Q: Potencia Reactiva, en VAR.

V: Tensión de línea, en Voltios.

I: Intensidad de línea, en amperios.

θ : Angulo de fase entre tensión e intensidad de corriente eléctrica.

K: 1 si es monofásico, 1.73 si es trifásico.

El ángulo de fase, se obtiene del valor del factor de potencia:

$$\theta = \text{Arcos}(F.P)$$

F.P: Factor de potencia.

En la tabla 12, se hizo el cálculo de la potencia reactiva y potencia activa, con los datos de las mediciones de las tensiones de línea, intensidad de corriente eléctrica y del factor de potencia.

Tabla 12. Cálculo de la Potencia Reactiva y Activa de los motores eléctricos

| Motor Eléctrico: | Factor de Potencia | $\theta = \text{Arccos}(F.P)$ | Tensión (Voltios) | Intensidad de corriente eléctrica (Amperios) | Potencia Reactiva (KVAR) | Potencia Activa (KW) |
|-------------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------|--|--------------------------|----------------------|
| Banda Transportadora 1 | 0.91 | 0.43 | 212 | 7.12 | 1.08 | 1.37 |
| Desintegrador | 0.85 | 0.55 | 365 | 5.01 | 1.67 | 2.69 |
| Banda Transportadora 2 | 0.87 | 0.52 | 211 | 7.32 | 0.76 | 1.34 |
| Molino refinador seco | 0.85 | 0.55 | 361 | 4.3 | 1.41 | 2.28 |
| Banda Transportadora 3 | 0.85 | 0.55 | 209 | 7.23 | 0.80 | 1.28 |
| Mezcladora | 0.83 | 0.59 | 365 | 7.14 | 2.51 | 3.74 |
| Molino refinador húmedo | 0.87 | 0.52 | 363 | 8.54 | 2.64 | 4.67 |
| Bomba de agua | 0.86 | 0.54 | 210 | 8.52 | 0.91 | 1.54 |
| Banda Transportadora 3 | 0.86 | 0.54 | 214 | 7.12 | 0.78 | 1.31 |
| Extrusor | 0.85 | 0.55 | 363 | 8.29 | 2.74 | 4.43 |
| Cortadora automática | 0.89 | 0.47 | 210 | 3.21 | 0.53 | 0.60 |
| Total | | | | | 15.85 | 25.26 |

Fuente: Elaboración propia.

De los cálculos de la potencia activa y reactiva a partir de las mediciones realizadas, se tiene la relación que existe entre el valor de la potencia reactiva y la potencia activa total, esta relación es un indicador del pago de la energía reactiva que se paga en la facturación mensual en el recibo de energía eléctrica; es decir si el valor de la energía reactiva supera el 30% de valor de la energía activa.

De los cálculos realizados, la potencia activa total que consumen los motores eléctricos es de 25.26 Kw, y la potencia reactiva es de 15.85 KVA, es decir la relación es.

$$r = \frac{15.85}{25.26} * 100 = 62.74\%$$

Dicho valor supera al 30%, es decir actualmente la empresa paga el valor adicional por concepto de consumo de potencia reactiva, tal como se analizó en las facturaciones entre los años 2018 y 2019.

4.3. Proponer modificaciones en las instalaciones eléctricas de la cadena productiva a fin de mejorar los indicadores eléctricos.

4.3.1. Cambio y/o reemplazo de motores eléctricos.

Del análisis de las mediciones, se determinó la potencia activa de los motores eléctricos que mueven los mecanismos del proceso de fabricación de ladrillos, ésta se hizo operando los mecanismos a su máxima capacidad, y se observa que dicho valor de potencia activa tiene una diferencia con respecto al valor de la potencia nominal del motor eléctrico. En la tabla 13, se muestra dicha relación.

Tabla 13. Relación potencia activa medida y potencia nominal de motores eléctricos

| Motor Eléctrico: | Potencia Nominal (KW) | Potencia Activa Medida (KW) | Relación Potencia Activa Medida /Potencia Nominal |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|---|
| Banda Transportadora 1 | 1.49 | 1.37 | 92.2 |
| Desintegrador | 3.36 | 2.69 | 80.0 |
| Banda Transportadora 2 | 1.49 | 1.34 | 90.2 |
| Molino refinador seco | 2.61 | 2.28 | 87.5 |
| Banda Transportadora 3 | 1.49 | 1.28 | 86.2 |
| Mezcladora | 4.85 | 3.74 | 77.2 |
| Molino refinador húmedo | 5.6 | 4.67 | 83.3 |
| Bomba de agua | 1.87 | 1.54 | 82.3 |
| Banda Transportadora 3 | 1.49 | 1.31 | 87.9 |
| Extrusor | 5.6 | 4.43 | 79.0 |
| Cortadora automática | 0.75 | 0.60 | 80.0 |

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 13, se evidenció que existe motores eléctricos que están operando con valores inferiores al 85% de relación entre la potencia activa real y la potencia activa nominal, éstos motores presentan deficiencias en su funcionamiento, debido a que son motores que han sido reparados, es decir motores eléctricos a los cuales se han hecho rebobinado, por lo cual se hizo la propuesta de cambio de dichos motores. 6 motores eléctricos son los que presentan la relación menor al 85%.

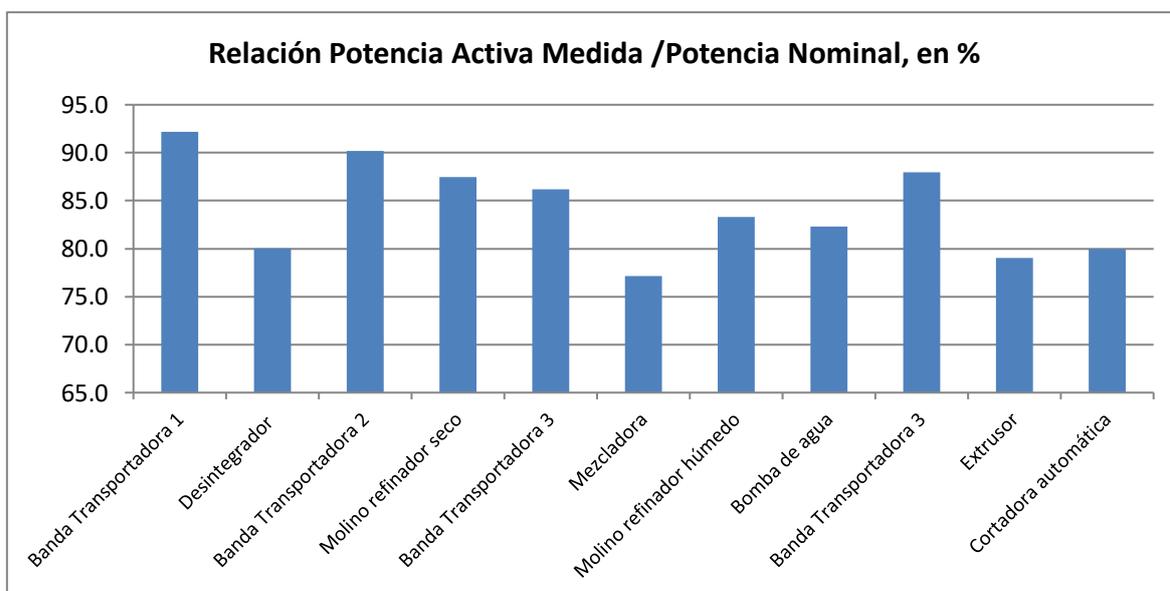


Figura 18. Relación potencia activa real y potencia activa nominal
Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Selección del Calibre del conductor.

Se hizo la selección adecuada de los calibres de los conductores eléctricos de los motores eléctricos, considerando una caída máxima de tensión del 1% con respecto al valor nominal de la tensión del motor eléctrico, que es la permitida para instalaciones industriales de acuerdo al código nacional de electricidad; la sección se determinó con la expresión:

$$A = \frac{K * \rho * P * L}{e\% * V^2} * 100$$

Dónde:

A: Sección del conductor en mm².

K: Valor de 2 para monofásico y 1 para trifásico.

ρ : Resistividad del conductor a la temperatura de servicio. (0.01786 Ohmios-mm²/m), a temperatura ambiente de 23°C.

P: Potencia activa (watt).

L: Longitud en Metros.

ΔV : Caída de tensión máxima admisible en voltios en la línea.

V: Tensión Nominal, en voltios.

Se hizo el cálculo de la sección para cada uno de los conductores de los motores eléctricos, y en la tabla 14, se muestra el resultado del cálculo de la sección del conductor, como también de la selección del conductor adecuado. La selección de los conductores eléctricos de los motores, se hizo considerando una sección mayor a la calculada, y que sea una sección de conductor estandarizada y comercial.

Tabla 14. Cálculo de la sección de los conductores eléctricos

| Motor Eléctrico: | Potencia Activa real(KW) | Tensión Nominal (Voltios) | Longitud Conductor (m) | A: Sección Conductor mm2 | As: Sección Conductor seleccionada mm2 |
|-------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|--------------------------|--|
| Banda Transportadora 1 | 1.37 | 220 | 18 | 1.82 | 2.5 |
| Desintegrador | 2.69 | 380 | 22 | 1.46 | 2.5 |
| Banda Transportadora 2 | 1.34 | 220 | 24 | 2.38 | 4 |
| Molino refinador seco | 2.28 | 220 | 26 | 4.38 | 6 |
| Banda Transportadora 3 | 1.28 | 220 | 28 | 2.65 | 4 |
| Mezcladora | 3.74 | 380 | 32 | 2.96 | 4 |
| Molino refinador húmedo | 4.67 | 380 | 32 | 3.69 | 6 |
| Bomba de agua | 1.54 | 220 | 18 | 2.04 | 4 |
| Banda Transportadora 4 | 1.31 | 220 | 34 | 3.29 | 6 |
| Extrusor | 4.43 | 380 | 36 | 3.94 | 6 |
| Cortadora automática | 0.60 | 220 | 38 | 1.68 | 2.5 |

Fuente: Manual Indeco, 2019.

4.3.3. Utilización de Variadores de Velocidad.

Las 4 bandas transportadoras que existen en la planta, son accionados por motores eléctricos, los cuales funcionan a velocidades fijas, de acuerdo al número de revoluciones del motor eléctrico y al mecanismo de transmisión que tienen éstos para accionar la banda transportadora. Actualmente dicha transmisión mecánica permite tener dos velocidades para las bandas transportadoras. El motor eléctrico que accionan las bandas, son de 900 RPM, y el mecanismo de reducción de velocidad es de 4 a 1 y de 8 a 1, es decir que la velocidad de la polea de la banda transportadora es de 225 y 112.5 RPM.

La velocidad lineal de la banda transportadora se determina:

$$V = \frac{2 * \pi * RPM * R}{60}$$

Dónde:

V: Velocidad lineal, en m/s.

R: Radio de la polea de la banda transportadora. (10 cm)

Reemplazando valores, se tiene:

$$V1 = \frac{2 * \pi * 225 * 0.1}{60} = 2.35 \text{ m/s}$$

$$V2 = \frac{2 * \pi * 112.5 * 0.1}{60} = 1.17 \text{ m/s}$$

Es decir las bandas transportadoras funcionan a ésta dos velocidades lineales, los operarios realizan el cambio de las velocidades, mediante el cambio de la transmisión y lo realizan de acuerdo a la demanda de material que se tiene en el proceso, sin embargo los demás mecanismos operan en tiempos no adecuados, lo que conlleva a que muchas veces los motores eléctricos de las bandas tienen que funcionar sin carga. El funcionamiento de los motores eléctricos de las bandas transportadoras sin carga, ocasionan problemas al motor en cuánto a que se incrementan la temperatura de los rodamientos, bobinados entre otros; por lo cual se hizo la propuesta de utilizar variadores de velocidad en las bandas transportadoras.

Los variadores de velocidad, reducen el tiempo de funcionamiento de los motores eléctricos de las bandas transportadoras, se hizo el análisis de los tiempos de reducción de cada una de las bandas transportadoras, en el periodo de un día de operación de 8 horas.

Tabla 15. *Reducción de Tiempo de funcionamiento por uso de variador de frecuencia en bandas transportadoras*

| N° | Motor eléctrico de: | Potencia Activa (KW) | Tiempo de Funcionamiento (Horas / Día) | |
|----|------------------------|----------------------|--|--|
| | | | Actual | Con propuesta de Variador de velocidad |
| 1 | Banda Transportadora 1 | 1.37 | 4.5 | 2.8 |
| 2 | Banda Transportadora 2 | 1.34 | 3.5 | 2.4 |
| 3 | Banda Transportadora 3 | 1.28 | 3.5 | 2.4 |
| 4 | Banda Transportadora 4 | 1.31 | 2.8 | 2.1 |

Fuente: Elaboración propia.

La programación a los variadores de frecuencia, se realiza desde PLC que controla la operación de los motores eléctricos de las 4 bandas transportadoras. En la tabla 16, se observa el ahorro de energía en un día por el uso de variadores de frecuencia.

Tabla 16. *Ahorro de energía eléctrica por uso de variadores de frecuencia*

| Motor eléctrico de: | Potencia Activa (KW) | Tiempo de Funcionamiento (Horas / Día) | | Energía Consumida KW-H | | Ahorro de energía KW-H por día |
|-------------------------|----------------------|--|--|------------------------|--|--------------------------------|
| | | Actual | Con propuesta de Variador de velocidad | Actual | Con propuesta de Variador de velocidad | |
| Banda Transportadora 1 | 1.37 | 4.50 | 2.80 | 6.17 | 3.84 | 2.33 |
| Banda Transportadora 2 | 1.34 | 3.50 | 2.40 | 4.69 | 3.22 | 1.47 |
| Banda Transportadora 3 | 1.28 | 3.50 | 2.40 | 4.48 | 3.07 | 1.41 |
| Banda Transportadora 4 | 1.31 | 2.80 | 2.10 | 3.67 | 2.75 | 0.92 |
| Total Ahorro (KW-h/Día) | | | | | | 6.13 |

Fuente: Autoría propia.

La selección de los variadores de velocidad se hizo en función a la potencia eléctrica del motor, los tiempos de funcionamiento y velocidades. Se seleccionó 4 variadores de frecuencia CV50-015-4F, para potencia activa de 1.5 KW, intensidad de corriente de 5 Amperios.

4.3.4. Instalación de Banco de Condensadores.

La propuesta de instalación de un banco de condensadores, tiene como objeto la disminución de la energía reactiva, hasta un valor en el cual no se facture en el recibo de energía eléctrica. Esta facturación, ocurre cuando el valor de la energía reactiva no supera al 30% de la energía activa total en las Instalaciones de la fábrica de Ladrillos GREQ en Jaén.

El valor de la capacidad del banco de condensadores en faradios, se determina en función a la potencia reactiva que se tiene en toda la instalación y que mediante mediciones fue de 15.85 KVAR; la expresión del valor de la capacitancia es:

$$C = \frac{1000 * Q}{V^2 * 2 * \pi * f}$$

Dónde:

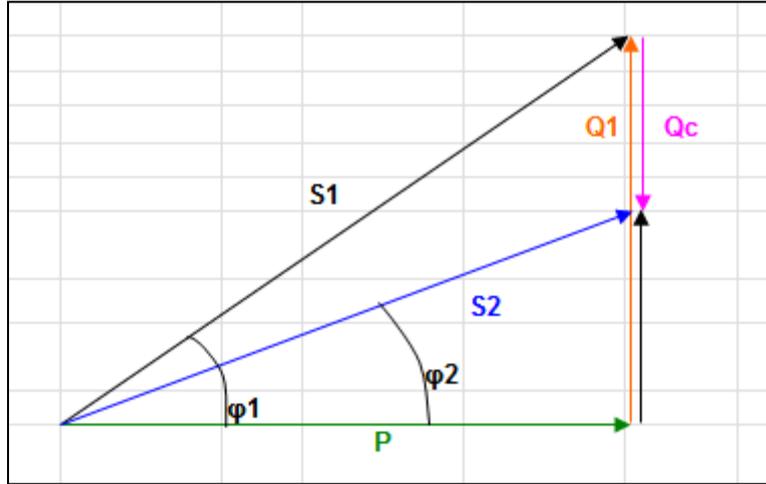
V: Tensión de alimentación, en voltios. (V)

f: Frecuencia de la red, en Hertz. (Hz).

C: Capacidad del banco de condensadores en Faradios (F)

Q: Potencia reactiva en Volt Ampere Reactivo (KVAR)

La potencia reactiva del condensador para la instalación de la fábrica de ladrillos, es el valor de la disminución de la potencia reactiva al incrementar el factor de potencia de un valor existente hasta un valor de 0.9, manteniendo constante el valor de la potencia activa, se modifica el valor de la potencia reactiva, hasta un valor en donde el factor de potencia sea igual a 0.9.



Potencia Reactiva Inicial Q1

$$Q1 = P \cdot \text{Sen}(\text{Arc coseno}(\varphi1))$$

El valor de la Potencia reactiva compensativa Qc, se determina:

$$Qc = P \cdot \text{Sen}(\text{Arc coseno}(\varphi1)) - P \cdot \text{sen}(\text{Arc coseno}(\varphi2))$$

Dónde:

Q1: Potencia Reactiva inicial (KVAr)

P: Potencia activa (KW)

$\varphi1$: Ángulo de fase entre la tensión y corriente eléctrica existente

$\varphi2$: Ángulo de fase entre la tensión y corriente eléctrica a alcanzar. fdp: 0.95

Reemplazando valores a cada uno de los motores eléctricos, se determina la potencia reactiva compensativa Qc, que requiere cada motor eléctrico de la planta de fabricación de ladrillos, tal como se muestra en la tabla 17.

Tabla 17. Determinación del valor de la Potencia Reactiva compensadora por cada motor eléctrico.

| Ítem | Banda Transportadora 1 | Desintegrador | Banda Transportadora 2 | Molino refinador seco | Banda Transportadora 3 | Mezcladora | Molino refinador húmedo | Bomba de agua | Banda Transportadora 3 | Extrusor | Cortadora automática |
|--|------------------------|---------------|------------------------|-----------------------|------------------------|------------|-------------------------|---------------|------------------------|----------|----------------------|
| Pot Activa W | 1.49 | 3.36 | 1.49 | 2.61 | 1.49 | 4.85 | 5.60 | 1.87 | 1.49 | 5.60 | 0.75 |
| Factor de potencia inicial | 0.91 | 0.85 | 0.87 | 0.85 | 0.85 | 0.83 | 0.87 | 0.86 | 0.86 | 0.85 | 0.89 |
| Tensión Nominal | 220 | 380 | 220 | 380 | 220 | 380 | 380 | 220 | 220 | 380 | 220 |
| Factor de potencia propuesto | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 |
| Pot Reactiva Inicial Q1 VAR | 1080 | 1670 | 760 | 1410 | 800 | 2510 | 2640 | 910 | 780 | 2740 | 530 |
| Potencia Reactiva Compensadora, Qc (VAR) | 142 | 657 | 248 | 510 | 291 | 1077 | 930 | 339 | 270 | 1095 | 100 |

Fuente: Elaboración propia.

El valor de la capacitancia por la potencia reactiva compensadora en cada motor eléctrico, se determina:

$$C = \frac{Q_c}{V^2 * 2 * \pi * f}$$

Qc: Potencia Reactiva compensadora (VAR)

C: Capacidad del banco de condensadores en faradios.

V: Tensión nominal, en voltios.

f: Frecuencia, 60 Hertz.

Reemplazando valores, en la tabla 18, se muestran los resultados del valor que requiere de capacitancia cada carga eléctrica, así como también del valor del banco de condensadores que requiere toda la instalación que es de 154.70 microfaradios. El banco de condensadores a instalar es de 5660.11 VAR, 60 Hertz, y de 154.70 Microfaradios.

Tabla 18. *Cálculo de la Capacitancia*

| Motor Eléctrico | Tensión (V) | Potencia Reactiva compensadora Qc (VAR) | Capacitancia (Microfaradios) |
|-------------------------|-------------|---|------------------------------|
| Banda Transportadora 1 | 220 | 142 | 7.81 |
| Desintegrador | 380 | 657 | 12.08 |
| Banda Transportadora 2 | 220 | 248 | 13.57 |
| Molino refinador seco | 380 | 510 | 9.38 |
| Banda Transportadora 3 | 220 | 291 | 15.98 |
| Mezcladora | 380 | 1077 | 19.80 |
| Molino refinador húmedo | 380 | 930 | 17.10 |
| Bomba de agua | 220 | 339 | 18.58 |
| Banda Transportadora 3 | 220 | 270 | 14.81 |
| Extrusor | 380 | 1095 | 20.13 |
| Cortadora automática | 220 | 100 | 5.47 |
| Total | | 5660.11 | 154.70 |

Fuente: Autoría propia

Simulación de Pliego Tarifario.

Se realiza el análisis del cambio del pliego tarifario, realizando las simulaciones en MT2 y MT3

OPCIONES TARIFARIAS

Las opciones tarifarias para usuarios regulados de media tensión se muestran a continuación:

Tabla 19. *Pliegos Tarifarios MT2 y MT3*

| Opción Tarifaria | Sistemas y parámetros de medición | Cargos de facturación |
|------------------|---|---|
| MT2 | <p>Sistema de medición: Medición de dos energías activas y dos potencias activas (2E2P)</p> <p>Parámetros de Medición: Energía Punta y Fuera de Punta. Potencia Punta y Fuera de Punta. Medición de energía reactiva. Modalidad de facturación de potencia activa variable</p> | <ul style="list-style-type: none"> * Cargo fijo mensual. * Cargo por energía activa en horas punta. * Cargo por energía activa en horas fuera de punta. * Cargo por potencia activa de generación en horas punta. * Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución en horas punta. * Cargo por exceso de potencia activa por uso de las redes de distribución en horas fuera de punta. * Cargo por energía reactiva. |
| MT3 | <p>Sistema de medición: Medición de dos energías activas y una potencia activa (2E1P)</p> <p>Parámetros de Medición: Energía Punta y Fuera de Punta. Potencia Punta y Fuera de Punta. Medición de energía reactiva. Modalidad de facturación de potencia activa variable</p> <p>Calificación de potencia: P: Usuario presente en punta. FP: Usuario presente fuera de punta</p> | <ul style="list-style-type: none"> * Cargo fijo mensual. * Cargo por energía activa * Cargo por energía activa en generación. * Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución * Cargo por energía reactiva. |

Fuente: OSINERGMIN, 2019.

OPCIÓN TARIFARIA MT2

En la tabla 20, se muestran los costos actualizados para los ítem del pliego tarifario MT2.

Tabla 20. Costos actuales de pliego tarifario MT2

| Cargo Fijo S/. | Costo de energía en HP Cent.S/. Kw-h | Costo de energía en FP Cent. S/. Kw-h | Costo de Potencia Hora Punta S/. KW | Costo de Potencia Fuera Hora Punta S/. KW | Alumbrado S/. Cliente | Costo energía reactiva Cent. S/. / KVAR-h |
|----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|-----------------------|---|
| 8.43 | 25.65 | 20.87 | 18.21 | 18.87 | 167.45 | 4.62 |

Fuente: OSINERGMIN, 2020.

Tabla 21. Simulación de Facturación por pliego tarifario MT2

| Mes | Costo de energía en HP Cent.S/. Kw-h | Costo de energía en FP Cent. S/. Kw-h | Costo de Potencia Hora Punta S/. KW | Costo de Potencia Fuera Hora Punta S/. KW | Alumbrado S/. Cliente | Costo energía reactiva Cent. S/. / KVAR-h | Cargo Fijo S/. | Total sin IGV S/. |
|--------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|-----------------------|---|----------------|-------------------|
| ene-19 | 77.4 | 1060.1 | 264.6 | 498.2 | 167.0 | 1749.1 | 8.4 | 3824.8 |
| feb-19 | 80.0 | 931.6 | 301.1 | 437.8 | 167.0 | 1552.7 | 8.4 | 3478.7 |
| mar-19 | 71.5 | 929.0 | 244.6 | 458.5 | 167.0 | 1395.4 | 8.4 | 3274.4 |
| abr-19 | 88.0 | 851.3 | 301.1 | 400.0 | 167.0 | 1437.6 | 8.4 | 3253.5 |
| may-19 | 89.4 | 939.6 | 281.1 | 441.6 | 167.0 | 1576.9 | 8.4 | 3503.9 |
| jun-19 | 76.8 | 1015.8 | 262.8 | 515.2 | 167.0 | 582.1 | 8.4 | 2628.1 |
| jul-19 | 108.8 | 1019.9 | 372.3 | 479.3 | 167.0 | 1726.5 | 8.4 | 3882.3 |
| ago-19 | 89.1 | 939.6 | 304.8 | 441.6 | 167.0 | 910.8 | 8.4 | 2861.3 |
| sep-19 | 74.7 | 929.0 | 244.6 | 458.5 | 167.0 | 1541.6 | 8.4 | 3423.8 |
| oct-19 | 77.4 | 1007.9 | 264.6 | 473.6 | 167.0 | 1668.1 | 8.4 | 3667.0 |
| nov-19 | 68.7 | 929.0 | 268.3 | 439.7 | 167.0 | 1198.0 | 8.4 | 3079.0 |

Fuente: Elaboración Propia

OPCIÓN TARIFARIA MT3

Se realiza el análisis de los costos unitarios según lo indicado en el pliego tarifario. Para la facturación de energía activa, se considera el consumo de energía en horas punta y fuera de punta. La facturación de la energía activa es parecida a la opción tarifaria MT2.

Para la facturación de potencia, en esta opción tarifaria primero se debe determinar el tipo de calificación tarifaria del cliente, es decir, si es considerado cliente presente en punta o cliente fuera de punta.

$$\text{Calificación Tarifaria} = \frac{\text{EAHP mes}}{\text{M.D. leída mes} * \text{N}^\circ \text{ HP mes}}$$

EAHP mes: Energía activa consumida en horas punta del mes

M.D. leída mes: Máxima demanda leída del mes

Nº HP mes: Número de horas punta del mes las cuales para la concesionaria es 125 H

Si el resultado es mayor a 0.5 es considerado cliente en hora punta.

Reemplazando los valores en la expresión tenemos:

Tabla 22. Factor de Calificación.

| FECHA | ENERGIA ACTIVA EN HORAS PUNTA (KWH) | MÁXIMA DEMANDA (KW) | HORAS PUNTA AL MES | FACTOR DE CALIFICACIÓN |
|--------|-------------------------------------|---------------------|--------------------|------------------------|
| ene-19 | 301.6 | 26.4 | 125 | 0.09 |
| feb-19 | 312 | 23.2 | 125 | 0.11 |
| mar-19 | 278.7 | 24.3 | 125 | 0.09 |
| abr-19 | 343.2 | 21.2 | 125 | 0.13 |
| may-19 | 348.4 | 23.4 | 125 | 0.12 |
| jun-19 | 299.5 | 27.3 | 125 | 0.09 |
| jul-19 | 424.3 | 25.4 | 125 | 0.13 |
| ago-19 | 347.4 | 23.4 | 125 | 0.12 |
| sep-19 | 291.2 | 24.3 | 125 | 0.10 |
| oct-19 | 301.6 | 25.1 | 125 | 0.10 |
| nov-19 | 267.8 | 23.3 | 125 | 0.09 |

Fuente: ELECTRO ORIENTE, 2020.

Tabla 23. Comparación de pliegos tarifarios

| Mes | Pliego Tarifario | |
|--------|------------------|--------------|
| | Simulación MT2 | MT3 (Actual) |
| ene-19 | 3824.8 | 3627.2 |
| feb-19 | 3478.7 | 3219.2 |
| mar-19 | 3274.4 | 3182.2 |
| abr-19 | 3253.5 | 2980.8 |
| may-19 | 3503.9 | 3269.6 |
| jun-19 | 2628.1 | 3435.2 |
| jul-19 | 3882.3 | 3580.2 |
| ago-19 | 2861.3 | 3240.1 |
| sep-19 | 3423.8 | 3196.7 |
| oct-19 | 3667.0 | 3458.6 |
| nov-19 | 3079.0 | 3166.4 |

Fuente: Elaboración Propia

Del análisis realizado, se concluye que el pliego tarifario vigente de MT3, es el mejor que conviene a la empresa.

4.4. Ejecutar una evaluación económica de la propuesta, teniendo como referencia los indicadores VAN, TIR y relación beneficio – costo.

4.4.1. Inversión Inicial de la Propuesta.

La inversión inicial de la propuesta, se detalla en la tabla 24, el cual asciende a un valor de 8774 Soles.

Tabla 24. *Inversión Inicial*

| N° | Descripción | Unidad | Cantidad | Precio Unitario (S/.) | Precio Total (S/.) |
|----|--|--------|----------|-----------------------|--------------------|
| 1 | Motor Eléctrico Trifásico 4 KW, Accionamiento desintegrador de arcilla | Unidad | 1 | 780 | 780 |
| 2 | Motor Eléctrico Trifásico 5 KW, Accionamiento Mezcladora | Unidad | 1 | 670 | 670 |
| 3 | Motor Eléctrico Trifásico 6 KW, Accionamiento Refinador húmedo | Unidad | 1 | 890 | 890 |
| 4 | Motor Eléctrico Monofásico 2 KW, Accionamiento Bomba de agua | Unidad | 1 | 560 | 560 |
| 5 | Motor Eléctrico Trifásico 6 KW, Accionamiento Extrusora | Unidad | 1 | 930 | 930 |
| 6 | Motor Eléctrico Monofásico 1 KW, Accionamiento Cortadora | Unidad | 1 | 340 | 340 |
| 7 | Conductor eléctrico 2.5 mm2 | Metros | 120 | 1.1 | 132 |
| 8 | Conductor eléctrico 4 mm2 | Metros | 160 | 1.1 | 176 |
| 9 | Conductor eléctrico 6 mm2 | Metros | 220 | 1.3 | 286 |
| 10 | variadores de frecuencia CV50-015-4F, 1.5 KW | Unidad | 4 | 510 | 2040 |
| 11 | Banco de condensadores: 5660.11 VAR, 60 Hertz, 154.70 Microfaradios. | Unidad | 1 | 870 | 870 |
| 12 | Costos de Instalación | Unidad | 1 | 1100 | 1100 |
| | Total | | | | 8774 |

Fuente: Elaboración Propia.

4.4.2. Ingresos del proyecto.

Los ingresos del proyecto están dados por el ahorro en la facturación de energía eléctrica, por la renovación de 6 motores eléctricos, la incorporación de 4 variadores de velocidad, el reemplazo de los conductores eléctricos, y el banco de condensadores. En la tabla 25 se detallan los ingresos del proyecto por el ahorro de la energía.

Tabla 25. *Ingresos estimados del Proyecto*

| Ahorro | Energía Día (KW-H) | Energía Mes (KW-H) | Ahorro Mensual (S/.) |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| Reemplazo de Motores Eléctricos | 18 | 540 | 378 |
| Variadores de velocidad | 6.13 | 183.84 | 128.6 |
| Banco de condensadores | | | 790 |
| Total S/. | | | 1296.68 |

Fuente: Autoría Propia.

4.4.3. Egresos del proyecto.

Gasto de Mantenimiento.

Para el caso del gasto de mantenimiento preventivo, que consiste en la verificación y limpieza de elementos que conforman el sistema productivo, ajuste de los accesorios, entre otros, representan el 1% mensual del costo de la inversión del proyecto, dicho de otra forma, $0.01 \cdot 8774 = 87.74$ Soles.

4.4.4. Flujo de caja del proyecto.

El flujo de caja se ejecuta con todos los ingresos, egresos e inversión inicial, se observa en el tiempo de 12 meses, debido a que es un proyecto de corto plazo.

Tabla 26. *Flujo de Caja de Proyecto*

| Mes | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------------------------------------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Inversión Inicial (S/.) | 8774 | | | | | | | | | | | | |
| Ingresos (S/.) | | 1296.7 | 1296.7 | 1296.7 | 1296.7 | 1296.7 | 1296.7 | 1296.7 | 1296.7 | 1296.7 | 1296.7 | 1296.7 | 1296.7 |
| Egresos (S/.) | | 87.74 | 87.74 | 87.74 | 87.74 | 87.74 | 87.74 | 87.74 | 87.74 | 87.74 | 87.74 | 87.74 | 87.74 |
| Utilidad: Ingresos - Egresos (S/.) | | 1208.9 | 1208.9 | 1208.9 | 1208.9 | 1208.9 | 1208.9 | 1208.9 | 1208.9 | 1208.9 | 1208.9 | 1208.9 | 1208.9 |

Fuente: Elaboración Propia.

4.5.5 Análisis con indicadores económicos.

Valor Actual Neto

Los datos de los ingresos y egresos anuales, llevándolas al mes cero, donde se inicia el proyecto, con un monto de interés del 2.5% mensual, que es la tasa de interés para proyectos de inversión del sector privado a corto plazo.

Utilidad actualizada al tiempo 0:

$$Ia = \frac{In * [(1 + i)] ^n - 1}{[i * (1 + i)^n]}$$

Dónde:

Ia: Utilidad actualizada al mes cero

In: Utilidad Mensual (Ingresos – Egresos): S/. 1208.9

i :Tasa de Interés: 2.5% mensual.

n : Número de meses: 12

Reemplazando valores, para lo cual utilizamos el comando VNA, del Software Microsoft Excel.

Tabla 27. Cálculo del Valor Actual Neto

| Mes | 0 | 1 | 2 | 3 | 9 | 10 | 11 | 12 | | |
|------------------------------------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------|--|
| Inversión Inicial (S/.) | 8774 | | | | | | | | | |
| Ingresos (S/.) | | 1296.7 | 1296.7 | 1296.7 | 1296.7 | 1296.7 | 1296.7 | 1296.7 | | |
| Egresos (S/.) | | 87.74 | 87.74 | 87.74 | 87.74 | 87.74 | 87.74 | 87.74 | | |
| Utilidad: Ingresos - Egresos (S/.) | | 1208.9 | 1208.9 | 1208.9 | 1208.9 | 1208.9 | 1208.9 | 1208.9 | S/. 12,401.10 | |
| | | | | | | | | | VNA(0.025,E9:P9) | |

Fuente: Elaboración Propia

Se obtiene: Ia = S/. 12401.10

Por lo tanto, el valor actual neto es la diferencia entre la utilidad actualizada del proyecto (Ia) y el valor de la inversión: 12401.1 – 8774 =.S/. 3,627.10

Tasa Interna de Retorno

Para encontrar la tasa interna de retorno, se realiza haciendo que los ingresos actualizados con una tasa de interés a determinar son igual a la inversión inicial del proyecto.

$$Inv = \frac{Ia * [(1 + TIR)] ^n - 1}{[TIR * (1 + TIR)^n]}$$

Dónde:

Inv: Inversión Inicial S/. 8774

Ia: S/. 1208.9 de Utilidades Mensuales

TIR: Tasa Interna de Retorno.

n; Número de Meses. 12

Tabla 28. Cálculo de la Tasa Interna de Retorno

| Mes | 0 | 1 | 2 | 3 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
|------------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|
| Inversión Inicial (S/.) | 8774 | | | | | | | | |
| Ingresos (S/.) | | 1296.7 | 1296.7 | 1296.7 | 1296.7 | 1296.7 | 1296.7 | 1296.7 | |
| Egresos (S/.) | | 87.74 | 87.74 | 87.74 | 87.74 | 87.74 | 87.74 | 87.74 | |
| Utilidad: Ingresos - Egresos (S/.) | -8774 | 1208.9 | 1208.9 | 1208.9 | 1208.9 | 1208.9 | 1208.9 | 1208.9 | 8.73% |
| | | | | | | | | | TIR(D9:P9) |

Fuente: Elaboración Propia.

Utilizando valores, mediante una metodología de aproximaciones o utilizando el software Microsoft Excel, se calcula el valor del TIR, obteniéndose éste igual a 8.73% Mensual, que representa un valor superior a la tasa de interés mensual de 2.5 % para proyectos de inversión a corto plazo.

Relación Beneficio Costo

La relación beneficio / costo está dado por:

B/C = Utilidades Actualizadas al mes 0 / Inversión inicial del Proyecto

Reemplazando valores: 12401.1 / 8774, es de 1.41

V. DISCUSION.

Los análisis de los consumos de energía eléctrica en las instalaciones industriales, a fin de determinar el valor de la eficiencia de la planta, muestran que el valor de la eficiencia, está asociado a factores técnicos, pero también a factores de índole de gestión de la energía que se requiere en los motores eléctricos del proceso que realiza.

Al comparar los estándares del índice de consumo eléctrico, con respecto a instalaciones en donde se realiza la fabricación de ladrillos a mediana escala, los valores medios de consumo de energía eléctrica por cada millar de ladrillos producidos está entre 15 y 20 kW-H, por cada millar de ladrillo; en los registro analizados, el valor del índice de consumo eléctrico, se observa que tiene una variabilidad en los diferentes meses. Se agrupó éste indicador en tres rangos. Índice de consumo eléctrico (ICE) menor a 25, ICE entre 25 y 30, ICE mayor a 30 KWh/millar de ladrillo.

En el análisis del costo de fabricación del millar de ladrillos, el costo de la energía eléctrica para la fabricación de un millar de ladrillos, tiene influencia directa en el precio del millar del ladrillo, en los registros se evidenció un costo mínimo de 13.00 Soles por millar de ladrillos, y un costo máximo de 22.5 Soles por millar de ladrillo. Teniendo en cuenta que el precio de venta de un millar de ladrillo, varía en función a la oferta y demanda del producto, tiene un precio de venta promedio de 320 Soles, es decir que el costo de la energía representó en promedio: $100 * 13/320 = 4.06\%$ como valor mínimo y de $100 * 22.5 / 320 = 7.03\%$ como valor máximo.

En las facturaciones por energía eléctrica, si por éste concepto, el valor es del 5% del precio de venta del producto; es necesario priorizar éste insumo. El ministerio de energía y minas, bajo la dirección de eficiencia energética, estableció ratios de costos de la energía eléctrica en el proceso productivo, y para instalaciones industriales de mediana escala, recomienda que cuando el costo de la energía eléctrica supera el 5% del costo del producto terminado, se debe realizar inspecciones a fin de mejorar los niveles de eficiencia de los motores eléctricos del proceso realizado.

El estudio realizado tuvo como objeto de estudio la determinación de la eficiencia energética de cada uno de los motores eléctricos que accionan los mecanismos en el proceso de elaboración de ladrillos, a fin de disminuir el consumo de energía eléctrica y la facturación por el servicio, que tienen influencia en los costos operativos de la instalación.

Se pudo evidenciar que no existe correlación entre el consumo de energía eléctrica en cada uno de los meses del año, y los niveles de producción de ladrillos, si bien es cierto la producción de ladrillos GREQ se incrementa en algunos meses del año, esto se evidencia, que no en la misma proporción se incrementa el consumo de energía eléctrica.

La empresa realiza sus operaciones en horas mayormente fuera de punta, se logró establecer ese análisis con los registros horarios de consumos. Se tuvo el registro que el valor del mayor consumo de energía activa se produce en horas fuera de punta, es debido a que el horario de trabajo de la planta de ladrillos es de las 09.00 a las 18.00 horas, sin embargo existe algunos días en que la operación se alarga de tiempo hasta las 19.30, es por ello que ahí se registra el consumo de energía activa en horas punta.

Uno de los factores que incrementó la facturación eléctrica, es debido a que la empresa está pagando por concepto de energía reactiva, se evidenció ello con el registro del consumo de energía reactiva, se hizo el diagnóstico y se pudo determinar que la evolución de consumo de energía reactiva de los diferentes motores eléctricos que accionan los mecanismos de la planta de fabricación de ladrillos, en el cual el valor de la energía reactiva supera al 30% de la energía activa total.

Del análisis de las mediciones, se determinó la potencia activa de los motores eléctricos que accionan los mecanismos del proceso de fabricación de ladrillos, ésta se hizo operando los mecanismos a su máxima capacidad, y se observa que dicho valor de potencia activa tiene una diferencia con respecto al valor de la potencia nominal del motor eléctrico. Esta diferencia es básicamente por el estado de conservación de los motores eléctricos, pero también por el dimensionamiento de

éstos, es decir que su potencia instalada excede a la máxima capacidad de procesamiento del dispositivo al cual acciona el motor eléctrico.

En la simulación del pago del servicio eléctrico, se determinó que la empresa actualmente tiene un pliego tarifario MT3, es el contrato en el cual su facturación es menor comparado con el pliego tarifario MT2, sin embargo, no permite las operaciones en horas punta; ésta situación se prevé que pueda cambiarse de acuerdo a la implementación de nuevo equipamiento en la planta, a fin de operar en horas de la noche.

Los procesos de transporte de material a velocidades fijas, determinan en gran medida el consumo de energía en la instalación industrial. En el caso de la instalación industrial de la fábrica de ladrillos, se verificó que en las bandas transportadoras, es en donde se tiene un gasto de energía eléctrica, debido a que el proceso se realizó a dos velocidades, por lo cual los operarios realizan el cambio de las velocidades, mediante el cambio de la transmisión y lo realizan de acuerdo a la demanda de material que se tiene en el proceso, sin embargo los demás mecanismos operan en tiempos no adecuados, lo que conlleva a que muchas veces los motores eléctricos de las bandas tienen que funcionar sin carga. El funcionamiento de los motores eléctricos de las bandas transportadoras sin carga, ocasionan problemas al motor en cuánto a que se incrementan la temperatura de los rodamientos, bobinados entre otros; por lo cual se hizo la propuesta de utilizar variadores de velocidad en las bandas transportadoras.

La factibilidad de la utilización de banco de condensadores con la finalidad de disminuir el consumo de energía reactiva, se hizo mediante el análisis técnico y económico, a fin de determinar si la fábrica está en condiciones de realizar dicha implementación, éste análisis se hizo de acuerdo a los planes de inversión a corto plazo que realizan las empresas. En el estudio se determinó el valor de la capacitancia de cada carga eléctrica, así como también del valor del banco de condensadores que requiere toda la instalación que es de 154.70 microfaradios. El banco de condensadores a instalar es de 5660.11 VAR, 60 Hertz, y de 154.70 Microfaradios.

VI. CONCLUSIONES

- Se ejecuto el diagnóstico actual del consumo de energía eléctrica, el valor del máximo consumo de energía activa se produce en horas fuera de punta, es debido a que el horario de trabajo de la planta de ladrillos es de las 09.00 a las 18.00 horas, sin embargo, existe algunos días en que la operación se alarga de tiempo hasta las 19.30, es por ello que ahí se registra el consumo de energía activa en horas punta.
- Se determinó que el índice de consumo eléctrico (ICE) menor a 25 KW-H/millar de ladrillo, representa el 8%, el ICE entre 25 y 30 KW.H/millar de ladrillo representa el 47.6% y el ICE mayor a 30 representa el 14.3%.
- Se hizo las mediciones de los niveles de tensión, consumo de corriente eléctrica factor de potencia y tiempos de funcionamiento de los motores eléctricos de la fábrica GREQ – Jaén. En el caso de los motores eléctricos monofásicos, en todos la caída de tensión es significativa, el valor más bajo de caída de tensión es del 2.7%, mientras que la mayor caída de tensión es del 5.0%; ésta caída de tensión es el motivo por el cual los motores al funcionar presentan inestabilidad al arranque y en algunas oportunidades no arrancan.
- Se dio la propuesta de modificaciones: cambio de motores eléctricos, conductores eléctricos, instalación de variadores de frecuencia y de una banco de condensadores es de 5660.11 VAR, 60 Hertz, y de 154.70 Microfaradios.
- Se realizó el estudio económico de la propuesta, utilizando los indicadores tales como VAN, el cual fue de S/. 3,627.10, la tasa interna de retorno fue del 8.73% Mensual, que representa un valor superior a la tasa de interés mensual de 2.5 para proyectos de inversión a corto plazo y la Relación Beneficio Costo es de 1.41

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis de las vibraciones de los equipos, debido a que la inestabilidad de su fijación es motivo de paradas intempestivas de la planta de procesamiento de ladrillos.
- Automatización completa de la planta, utilizando sistemas de control y administración de datos.
- Realizar auditorías para el cumplimiento de los planes de mantenimiento.
- Implementar la norma ISO 50001, es decir el sistema de gestión de la energía, a fin de involucrar a todo el personal que labora en las instalaciones, en cuanto al ahorro de la energía.

REFERENCIAS

- **Arellano.** Estudio y análisis de eficiencia energética del sistema eléctrico del hospital IESS – Ibarra”, 2015, 67pp.
- **Sevilleja.** Eficiencia energética en el sector industrial, 2014, 99pp
- IDAE. Instituto de Diversificación y Ahorro de Energía, España, 2016, 56pp.
- **Santamaria.** Implementación de indicadores energéticos en centros educativos, 2014, 78pp
- **.Vera.** Indicadores de gestión enfocados al ahorro energético para la industria de beneficio de feldespató, 2014, 111pp.
- **Gonzales.** Diagnostico energético para la elaboración de plan de ahorro de energía eléctrica en edificios públicos-lima, 2014, 56pp.
- **Torres Flores, Jairo Joel.** 2018. "Auditoría energética para reducir el índice de consumo energético en la fábrica de fideos Agroindustrias y Comercio S.A. - Lambayeque". 2018.
- **Delgado Rojas, Julio Omar.** “Propuesta De Auditoría Energética Para Reducir El Consumo De Energía Eléctrica, Empresa Agribands Purina, Pimentel 2016”
- **Arellano Olger.** “estudio y analisis de eficiencia energetca del sistema electrico del hospital IESS – IBARRA”2015
- **Circuitor.** Caso de estudio deSupermercados.2016.
- **Elisa Peralta, Sara Gutiérrez, Yadira Chavarría,** Auditoria energética en el Supermercado La Colonia, del municipio de Estelí, con énfasis en autogeneración de energía en el II semestre año 2016.
- **Danny Maza,** “Implementación de una solución de gestión de la energía (eléctrica) en un centro comercial (mall), en la ciudad de Guayaquil” 2015.
- **Jairo Rojas, Raymond Cano.** Plan estratégico en eficiencia energética para centros comerciales con proyección a la certificación iso 50001 -2015
- **Quesada..** Auditoría energética de una superficie comercial de 1.610 m2 – 2017.

- **Carretero, y García.** Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora .Madrid, ES:AENOR, 2015. 232 pp.
- **Camacho J.** Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Informática y Electrónica. 2015.
- **BID.** Eficiencia energética en América Latina y el Caribe: Avances y oportunidades. 2017, 56pp
- **Caballero, A..** Auditoria Energética eléctrica del campus sur de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito. Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/3230> Castilla, N., 2014, 67pp
- **Delgado, J.** (2016). "Propuesta de Auditoría Eergética para reducir el consumo de energía eléctrica, empresa AGRIBRANS PURINA, PIMENTEL 2016, 99pp
- **Fiestas, B.** Ahorro Energético en el sistema eléctrico de la Universidad de Piura - Campus Piura, 2011, 97pp.

ANEXOS

Anexo 3. Matriz de operacionalización de variables

| VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | INDICADORES | ESCALA DE MEDICIÓN |
|---|---|---|---|---|
| INDEPENDIENTE Estudio de la eficiencia energética | Consiste en analizar la relación entre la energía que ingresa a un determinado proceso y la energía que utiliza para la transformación de la materia prima. | Se mide con las mediciones de la energía eléctrica en los terminales de ingreso y la energía que desarrolla el mecanismo que acciona. | Tensión. Intensidad de corriente eléctrica Potencia Mecánica Potencia Eléctrica. | Voltios Amperios KW |
| DEPENDIENTE: Mejorar los indicadores eléctricos y reducir facturación | El indicador de consumo eléctrico, es la relación entre el consumo de energía eléctrica y la producción; la facturación es el costo de la energía eléctrica en un mes | Es la cantidad de energía eléctrica que se requiere para producir un millar de ladrillos en el periodo de un mes. La facturación es proporcional al consumo de energía eléctrica. | Índice de consumo eléctrico. Costo de facturación | KW-h/Millas de ladrillo S/, por mes. |

Anexo 4. Instrumento de recolección de datos

GUÍA DE OBSERVACIÓN 1

REGISTRO DE POTENCIA INSTALADA

Instrucciones: Realice el registro de la potencia instalada de cada motor eléctrico de la planta de fabricación de ladrillos.

| Area | Mecanismo | Cantidad | Potencia Instalada (KW) | Total Potencia Instalada (KW) |
|----------------|--------------------------|----------|-------------------------|-------------------------------|
| Procesamiento | Banda Transportadora 1 | 1 | 1.49 | 1.492 |
| | Desintegrador | 1 | 3.36 | 3.357 |
| | Banda Transportadora 2 | 1 | 1.49 | 1.492 |
| | Molino refirnador seco | 1 | 2.61 | 2.611 |
| | Banda Transportadora 3 | 1 | 1.49 | 1.492 |
| | Mezcladora | 1 | 4.85 | 4.849 |
| | Molino refirnador húmedo | 1 | 5.60 | 5.595 |
| | Bomba de agua | 1 | 1.87 | 1.865 |
| | Banda Transportadora 3 | 1 | 1.49 | 1.492 |
| | Extrusor | 1 | 5.60 | 5.595 |
| | Cortadora automática | 1 | 0.75 | 0.746 |
| | Fluorescentes | 12 | 0.03 | 0.384 |
| | Total (KW) | | | |
| Administrativa | Computadora | 3 | 0.34 | 1.02 |
| | Impresora | 1 | 0.22 | 0.22 |
| | TV | 1 | 0.34 | 0.34 |
| | Fluorescentes | 6 | 0.03 | 0.192 |
| | Aire acondicionado | 2 | 1.4 | 2.8 |
| | Total (KW) | | | |

GUÍA DE OBSERVACIÓN 2

ÍNDICE DE CONSUMO ELÉCTRICO

Instrucciones: Realice el registro de consumo eléctrico y la producción de ladrillos al mes

ICE = (Energía Activa Total KW-h /Millares de ladrillos)

| Mes | Procesamiento arroz Pilado (Sacos 50 Kg) | Procesamiento arroz Pilado T.M | Energía Activa Total KW-h | I.C.E (KW-H/N° Sacos 50 Kg) |
|--------|--|--------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| ene-19 | 5406 | 270296.5 | 163979.9 | 30.3 |
| feb-19 | 3548 | 177402.1 | 122998.8 | 34.7 |
| mar-19 | 3725 | 186269.1 | 139080.9 | 37.3 |
| abr-19 | 4125 | 206263.9 | 134759.1 | 32.7 |
| may-19 | 4965 | 248232.2 | 168797.9 | 34.0 |
| jun-19 | 4558 | 227891.5 | 148889.1 | 32.7 |
| jul-19 | 3921 | 196032.2 | 147677.6 | 37.7 |
| ago-19 | 3008 | 150412.1 | 119326.9 | 39.7 |
| sep-19 | 2870 | 143491.1 | 115749.5 | 40.3 |
| oct-19 | 2474 | 123710.3 | 103091.9 | 41.7 |
| nov-19 | 4283 | 214131.1 | 134188.8 | 31.3 |
| dic-19 | 3940 | 197023.8 | 145797.6 | 37.0 |
| ene-20 | 5046 | 252312.0 | 159797.6 | 31.7 |
| feb-20 | 3521 | 176053.5 | 120890.1 | 34.3 |