

Volumen 1, Número 1, Julio-Diciembre de 2010, pp. 56-72
ISSN (e) 2220-9336

Influencia del uso ineficiente de energía eléctrica en la competitividad de las empresas textiles peruanas: 2007 - 2008

Julio Ríos-Ballesteros¹

Recibido: 7 de julio de 2009
Aceptado: 11 de setiembre de 2009

¹ Julio Ríos-Ballesteros. Licenciado en Administración de Negocios Internacionales por la Universidad de San Martín de Porres. Lima, Perú. Profesional de Empresas Concesionarias Eléctricas Luz del Sur. Correspondencia: riosbjc@yahoo.com

Influencia del uso ineficiente de energía eléctrica en la competitividad de las empresas textiles peruanas: 2007 – 2008

RESUMEN

Objetivo: Determinar si la inadecuada elección de la opción tarifaria, el exceso de consumo de energía reactiva y la falta de análisis del comportamiento de consumo (diagrama de carga) constituyen causas de ineficiencia en el consumo de energía eléctrica. **Método:** Mediante un diseño explicativo experimental se analizaron las causas que originan ineficiencia en el consumo de energía eléctrica en las empresas textiles peruanas. Se seleccionó una muestra de 77 empresas del sur de la capital, que fueron obtenidas a través de la técnica de muestreo aleatorio simple aplicado a una población de 80 empresas textiles. Se obtuvieron datos de la facturación del consumo y del archivo reporte extraído del medidor electrónico. **Resultados:** La opción tarifaria y el exceso de consumo constituyen causas de ineficiencia en el consumo de energía eléctrica. Asimismo, el análisis del diagrama de carga de uno de los elementos de la muestra confirmó que no existe una adecuada planificación del consumo de energía, generando ineficiencia y perjudicando la competitividad de las empresas. **Conclusiones:** El consumo de energía eléctrica, como cualquier otra actividad, debe ser el resultado de una adecuada planificación. La facturación debe ser contrastada con lo planificado y deben corregirse las desviaciones al más breve plazo.

Palabras claves: Competitividad, Ineficiencia, Energía eléctrica, Análisis del consumo, Costo eléctrico.

Influence of inefficient use of power energy in competitiveness of peruvian textile companies: 2007-2008

ABSTRACT

Objective: To determine whether inadequate choice of pricing options, excess in reactive power consumption and lack of consumer behavior analysis (load diagram) are causes of inefficiency in power consumption **Method:** Through an experimental explanatory design it was analyzed the causes of inefficiency in the electricity consumption in Peruvian textile companies. It was selected a sample of 77 firms located in the south of the capital, that were obtained through simple random sampling technique applied to a population of 80 textile companies. Data was obtained from consumer billing and file report extracted from the electronic meter. **Results:** Pricing options and excessive consumption are causes of inefficiency in power consumption. Similarly, the analysis of load diagram of one of the elements of the sample confirmed that there is no proper planning of energy consumption, creating inefficiency and impairing the competitiveness of enterprises. **Conclusions:** The consumption of electricity, like any other activity, must be the result of proper planning. The turnover should be contrasted with what was planned and deviations should be corrected in the short term.

Keywords: Competitiveness, inefficiency, power, analysis of consumption, electricity cost.

Introducción

La creciente demanda por energía eléctrica puede considerarse como señal de prosperidad y progreso de la industria en el Perú. Sin embargo, esto sólo puede afirmarse siempre que las empresas utilicen en forma racional y eficiente la electricidad. La racionalidad y eficiencia en el uso de la electricidad implica mantener controles adecuados tanto para el consumo como para la facturación de la energía eléctrica.

Existen sectores industriales, como el textil, que han incrementado sus actividades gracias al efecto de la globalización. Con ello también ha incrementado la demanda por la energía eléctrica, pero lamentablemente la poca formalidad que tienen algunas empresas textiles no les ha permitido hacer uso racional y eficiente de la energía eléctrica, constituyéndose de esta manera en un factor negativo para alcanzar un mejor nivel competitivo.

Todas las investigaciones muestran análisis de casos particulares, no hay estudios orientados a determinados sectores de la industria. Ninguna investigación establece un sistema de gestión de consumo de energía eléctrica de fácil aplicación como resultado final del estudio realizado, de tal forma que una vez aplicadas sus recomendaciones no existe un control adecuado de las variables que afectan el consumo eficiente de energía eléctrica.

Por otro lado, en las investigaciones realizadas se han identificado, por lo general, como causas del consumo ineficiente de energía eléctrica: a la opción tarifaria, al exceso de consumo de energía reactiva, al mal estado de las instalaciones eléctricas, a la tecnología utilizada, al factor humano y otros factores técnicos.

En el ámbito nacional existen algunas investigaciones y publicaciones que analizan el uso eficiente de la energía. El estudio de Arcos (2004) tuvo como objetivo determinar cuáles eran los factores que originaban las pérdidas por el consumo de energía eléctrica en la Universidad Nacional del Altiplano en Puno, para lo cual consideró necesario verificar el estado de las instalaciones eléctricas, evaluar el comportamiento de las personas que trabajaban en la universidad frente al ahorro de energía, evaluar el consumo de energía reactiva y determinar si la opción tarifaria seleccionada era la más apropiada. Finalmente concluye que los principales factores de las pérdidas por el uso de energía se deben al consumo elevado de energía reactiva, a una inadecuada elección de la tarifa

y a la falta de conciencia de ahorro de energía por parte del personal que trabaja en la universidad.

En el ámbito internacional, Veltri (2002) diseñó un programa de ahorro de energía enfocado en los sistemas de iluminación de un instituto universitario, para lo cual hizo un estudio de los sistemas de iluminación y del estado de los equipos. El investigador concluye que la forma más eficiente de ahorrar energía puede ser cambiar los equipos de iluminación por otros más eficientes y de menor consumo de energía, pero que proporcionen la misma intensidad de luz. Y que los sistemas de alumbrado de pasadizos exteriores estén controlados por sensores de encendido y apagado automático para establecer un programa de mantenimiento preventivo para los equipos de alumbrado con la finalidad de evitar que se produzcan fallas que incrementen el consumo de energía.

También se puede mencionar el trabajo de Salas (2004), que analiza cómo alcanzar la eficiencia energética en la Universidad Católica Boliviana de Cochabamba, reemplazando equipos mal dimensionados y de poca eficiencia, así como también el rediseño de algunos sistemas auxiliares como el de refrigeración, sistema de bombeo de agua, sistema de aire comprimido. El autor señala también que el uso eficiente de la energía implica ahorros económicos, mejoramiento de la seguridad industrial de la empresa, obtención de productos de mayor calidad y una disminución del impacto sobre el medio ambiente.

Luego de la revisión realizada, la presente investigación pretende: a) comprobar si las empresas textiles del sur de Lima no usan eficientemente la energía eléctrica y b) proporcionar las recomendaciones adecuadas para solucionar este problema.

Así, ante lo expuesto se responderá a la siguiente pregunta: ¿El uso ineficiente de energía eléctrica en las empresas textiles del sur de Lima y su efecto negativo en el costo de electricidad durante 2007-2008, está asociado a una inadecuada elección de su opción tarifaria, a la falta de análisis de su diagrama de carga o al exceso de consumo de energía reactiva?

Hipótesis

Los costos de electricidad se incrementan por el uso ineficiente de la energía eléctrica en las empresas textiles del sur de Lima durante los años 2007 y 2008.

H1. La elección inadecuada de opción tarifaria es una de las causas del uso ineficiente de

la energía eléctrica y su efecto negativo en el costo de electricidad en las empresas textiles del sur de Lima durante 2007-2008.

H2. El exceso de consumo de energía reactiva es una de las causas del uso ineficiente de la energía eléctrica y su efecto negativo en el costo de electricidad en las empresas textiles del sur de Lima durante 2007-2008.

H3. La falta de un adecuado análisis del diagrama de carga es una de las causas del uso ineficiente de la energía eléctrica y su efecto negativo en el costo de electricidad en las empresas textiles del sur de Lima durante 2007-2008.

Metodología

Diseño de investigación

Diseño explicativo por que busca las causas que originan el incremento del costo eléctrico y es experimental por que las hipótesis serán comprobadas mediante la simulación de las variables independientes.

Población y procedimiento muestral

La población está conformada por las empresas textiles del sur de Lima que desarrollaron su actividad empresarial durante 2007-2008, cuya potencia contratada fue mayor a 20 Kilowatt. Este universo está conformado por 80 empresas. El marco muestral fue la relación de empresas textiles dentro del área del sur de Lima. La técnica de muestreo seleccionada fue la de muestreo aleatorio simple. Al final se obtuvo un tamaño de la muestra de 77 empresas.

Instrumentos

Para la recolección de datos se utilizó la medición directa de cada una de las variables. La obtención de datos de las variables de energía activa, reactiva y máxima demanda se realizó a través de la toma de datos del sistema de medición con el que cuenta cada una de las empresas y cuya información puede ser extraída por medio de un computador o a través de una ficha de registros donde se pueden colocar los valores luego de la toma de lectura. De la misma forma, la información de la opción tarifaria y costo eléctrico puede ser extraído de la factura mensual del cliente y detallados en una ficha de registro.

El análisis de fiabilidad se realizó por estabilidad temporal a través de la fiabilidad test-retest; asimismo, la validez fue analizada a través del criterio de expertos, ya que en este caso los medidores electrónicos son instalados bajo

el cumplimiento de normas internacionales de calidad.

Técnicas de procesamiento y análisis de datos

La información recolectada se almacenó en una matriz de doble entrada Excel (ver Tabla 1), en donde las columnas están representadas por las variables y las filas representan al sujeto de la muestra, en la primera columna figura el dato del suministro del usuario que forma parte de la muestra, en la segunda columna figuran las fechas de lecturas o toma de registros correspondiente a cada mes, en la tercera columna figura la opción tarifaria, en la cuarta columna se muestra la clave tarifaria que define la modalidad de facturación de la potencia, en la quinta y sexta columna figuran los registros de energía activa fuera de punta (Consumo Base) y energía en horas punta, ambas en unidades de Kwh, en la séptima y octava columna figuran la energía reactiva registrada y la que se debe facturar en unidades de Kvar respectivamente. Finalmente, las columnas diez, once y doce, trece muestran los registros de potencia y valores a facturar respectivamente, la última columna muestra la calificación del consumo del usuario. Una vez completada la información se realizaron los cálculos para determinar la facturación mensual de cada período.

Los datos de los montos o importes facturados se obtuvieron de las facturas de los usuarios y fueron almacenados en una hoja de Excel. (Tabla 2).

Posteriormente, con la finalidad de determinar si la opción tarifaria elegida por el usuario es la más beneficiosa, se realizaron las simulaciones correspondientes para calcular el costo eléctrico en las demás opciones. Este cálculo también se realizó utilizando la hoja de cálculo Excel. (Ver Tabla 3). Se puede observar en la primera columna de la matriz el número de suministro de energía eléctrica del usuario, en la segunda columna las fechas a la cual corresponde la simulación de la facturación en distintas tarifas, en la tercera columna figura la tarifa en la que normalmente se factura el consumo del usuario, en las columnas cuarta, sexta, octava y décima se muestra el cálculo simulado de la facturación para las tarifas de baja tensión y media tensión según corresponda. Finalmente, en las columnas séptima, novena, onceava y treceava se muestra la diferencia entre el facturado real y el facturado simulado, el resultado negativo es un indicativo que el facturado real

es más beneficios que el simulado, el resultado cero se da cuando coinciden las tarifas.

Para efectuar la simulación en otras tarifas existieron restricciones en cuanto al uso del 100% de la información, esto debido a que la potencia de distribución se determina con el promedio de los dos registros más altos en un período de seis meses, motivo por el cual los últimos cinco meses no pueden ser utilizados.

Para calcular el valor simulado en las columnas correspondientes se utilizó la siguiente fórmula:

$$(E3*tarifas!\$G\$5)+(F3*tarifas!\$H\$5)+(N3*tarifas!\$D\$5)+(AVERAGE(LARGE(K3:K8,1),LARGE(K3:K8,2))-AVERAGE(LARGE(N3:N8,1),LARGE(N3:N8,2)))*tarifas!\$F\$5+AVERAGE(LARGE(N3:N8,1),LARGE(N3:N8,2))*tarifas!\$E\$5+S3+T3+W3+AA3$$

La simulación de la facturación en las tarifas BT2 y MT2 se realizó de acuerdo a la estructura de facturación de estas opciones: el primer término de esta fórmula es el producto la energía activa fuera de punta (E3) y su correspondiente costo (tarifas!\\$G\\$5). De la misma manera, el segundo término es el producto de la energía activa en horas punta (F3) por su respectivo costo unitario (tarifas!\\$H\\$5). Los siguientes tres términos de la fórmula corresponden al cálculo de los importes por consumo de potencia, en primer lugar tenemos el importe de la potencia de generación, que es el resultado de la máxima demanda del mes (N3) por su respectivo costo (tarifas!\\$D\\$5).

Tabla 1. Matriz de doble entrada para el registro de datos de consumo de todas las variables

Suministro	Fecha lectura	Tarifa	REGISTRO DE CONSUMOS									
			Clave tarifa	Consumo base	Consumo HP	Cns. react. ind. leído	Cns. react. ind. fact.	Dem. FP. leída	Dem. HP. leída	Dem. FP. Facturada	Dem. HP. leída	Calif.
994852	25/09/08	BT3	82.00	6804.00	1820.00	10532.00	7944.80	30.56	30.00	31.58	0.00	N
	25/08/08	BT3	82.00	6024.00	1592.00	9824.00	7539.20	29.24	28.96	31.52	0.00	N
	25/07/08	BT3	82.00	6212.00	1644.00	10172.00	7815.20	28.52	26.24	31.52	0.00	N
	25/06/08	BT3	82.00	5880.00	1408.00	9488.00	7301.60	29.32	24.72	31.52	0.00	N
	25/05/08	BT3	82.00	6016.00	1500.00	9328.00	7073.20	32.60	29.40	31.52	0.00	N
	25/04/08	BT3	82.00	6624.00	1580.00	10264.00	7802.80	30.44	28.16	30.28	0.00	N
	25/03/08	BT3	82.00	5464.00	1288.00	8100.00	6074.40	28.96	27.40	30.30	0.00	N
	25/02/08	BT3	82.00	5940.00	1360.00	8824.00	6634.00	28.00	26.60	30.30	0.00	N
	25/01/08	BT3	82.00	5328.00	1260.00	8084.00	6107.60	26.68	24.24	30.30	0.00	N
	25/12/07	BT3	82.00	6208.00	1440.00	9384.00	7089.60	29.08	27.56	30.30	0.00	N
	25/11/07	BT3	82.00	6792.00	1616.00	7652.00	5129.60	30.12	28.44	30.30	0.00	N
	25/10/07	BT3	82.00	5634.00	1296.00	4778.00	2699.00	30.48	26.68	27.11	0.00	N
	25/09/07	BT3	82.00	4284.00	952.00	1346.00	0.00	23.74	20.58	23.26	0.00	N
	25/08/07	BT3	82.00	3684.00	842.00	828.00	0.00	21.14	18.70	22.51	0.00	N
	25/07/07	BT3	82.00	4044.00	840.00	1274.00	0.00	22.78	20.82	22.51	0.00	N
	25/06/07	BT3	82.00	3736.00	840.00	1062.00	0.00	21.40	19.46	21.82	0.00	N
	25/05/07	BT3	82.00	3216.00	650.00	430.00	0.00	18.04	15.40	21.81	0.00	N
	25/04/07	BT3	82.00	3074.00	654.00	422.00	0.00	18.24	16.58	25.20	0.00	N
25/03/07	BT3	82.00	3442.00	644.00	1138.00	0.00	22.24	19.26	28.49	0.00	N	
25/02/07	BT3	82.00	3714.00	740.00	1082.00	0.00	21.38	20.34	31.17	0.00	N	
25/01/07	BT3	82.00	3502.00	742.00	784.00	0.00	20.08	18.18	33.76	0.00	N	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Información mensual de los importes facturados durante el período de análisis

Suministro	Fecha lectura	Tarifa	REGISTRO DE CONSUMOS									
			Cargo fijo S/.	Repos. y mant.	EAFP S/.	EAHP S/.	Energía reactiva S/.	Demanda PG S/.	Demanda PD S/.	POT. Con- tratada o variable S/.	Alumb. público S/.	Total S/.

				S/.								
994852	25/09/08	BT3	3.39	2.02	684.48	240.42	296.34	400.03	1299.83	0.00	52.59	2979.71
	25/08/08	BT3	3.93	1.98	659.63	224.95	274.43	325.44	1277.51	0.00	52.59	2820.45
	25/07/08	BT3	3.87	2.00	667.17	229.83	293.85	430.37	1265.21	0.00	52.59	2944.89
	25/06/08	BT3	3.83	1.96	629.55	196.42	265.78	396.41	1246.30	0.00	46.42	2786.86
	25/05/08	BT3	3.81	1.95	654.54	212.40	253.93	426.41	1242.83	0.00	55.70	2851.57
	25/04/08	BT3	3.77	1.93	771.70	237.63	278.56	446.25	1199.09	0.00	55.70	2994.63
	25/03/08	BT3	3.74	1.95	637.10	193.84	227.79	421.66	1198.97	0.00	52.07	2737.13
	25/02/08	BT3	3.74	1.95	693.79	205.36	250.10	406.84	1198.06	0.00	52.07	2811.91
	25/01/08	BT3	3.72	1.94	627.11	192.65	233.31	374.59	1195.03	0.00	52.07	2680.42
	25/12/07	BT3	3.71	1.94	730.68	220.03	272.24	437.65	1193.82	0.00	62.49	2922.57
	25/11/07	BT3	3.70	1.94	793.31	246.76	198.52	450.29	1195.64	0.00	62.49	2952.65
	25/10/07	BT3	3.67	1.95	639.46	197.12	106.88	496.52	1073.28	0.00	52.07	2570.95
	25/09/07	BT3	3.63	1.98	486.23	144.80	0.00	370.82	915.05	0.00	52.07	1974.58
	25/08/07	BT3	3.61	2.15	417.4	124.95	0.00	322.60	881.94	0.00	31.24	1783.89
	25/07/07	BT3	3.55	2.13	455.35	114.07	0.00	363.34	869.56	0.00	27.51	1835.52
	25/06/07	BT3	3.55	2.13	420.67	114.07	0.00	343.04	841.60	0.00	27.51	1752.58
	25/05/07	BT3	3.54	2.12	362.44	88.66	0.00	319.85	839.03	0.00	27.51	1643.15
	25/04/07	BT3	3.56	2.12	347.98	90.84	0.00	314.82	970.20	0.00	27.51	1757.03
	25/03/07	BT3	3.58	2.13	389.63	89.45	0.00	406.32	1098.57	0.00	23.91	2013.61
	25/02/07	BT3	3.58	2.13	420.80	102.93	0.00	338.66	1199.73	0.00	26.44	2094.27
25/01/07	BT3	3.58	2.16	398.18	103.58	0.00	333.33	1292.67	0.00	26.44	2159.94	

Fuente: Elaboración propia

El siguiente término corresponde al importe del exceso de potencia, para su cálculo es necesario considerar el producto de la diferencia de promedios de los dos valores más altos dentro del período de seis meses de las potencias fuera de punta y en hora punta:
 $(\text{AVERAGE}(\text{LARGE}(\text{K3:K8},1), \text{LARGE}(\text{K3:K8},2)) - \text{AVERAGE}(\text{LARGE}(\text{N3:N8},1), \text{LARGE}(\text{N3:N8},2)))$
 y su respectivo costo (tarifas!\$F\$5). El siguiente término corresponde al importe de la potencia de distribución, que es el producto del pro-

medio de los dos valores más altos de potencia en horas punta en un período de seis meses
 $\text{AVERAGE}(\text{LARGE}(\text{N3:N8},1), \text{LARGE}(\text{N3:N8},2))$
 y su respectivo costo unitario (tarifas!\$E\$5). Los últimos cuatro términos corresponden a los importes de cargo fijo (S3), cargo por mantenimiento (T3), energía reactiva (W3) y alumbrado público (AA3).

Tabla 3. Simulación del costo eléctrico en otras tarifas

Suministro	Fecha lectura	Tarifa	REGISTRO DE CONSUMOS									
			Cargo fijo S/.	Repos. y mant. S/.	EAFP S/.	EAHP S/.	Energía reactiva S/.	Demanda PG S/.	Demanda PD S/.	POT. Contratada o variable S/.	Alumb. público S/.	Total S/.
994852	25/09/08	BT3	3.39	2.02	684.48	240.42	296.34	400.03	1299.83	0.00	52.59	2979.71

25/08/08	BT3	3.93	1.98	659.63	224.95	274.43	325.44	1277.51	0.00	52.59	2820.45
25/07/08	BT3	3.87	2.00	667.17	229.83	293.85	430.37	1265.21	0.00	52.59	2944.89
25/06/08	BT3	3.83	1.96	629.55	196.42	265.78	396.41	1246.30	0.00	46.42	2786.86
25/05/08	BT3	3.81	1.95	654.54	212.40	253.93	426.41	1242.83	0.00	55.70	2851.57
25/04/08	BT3	3.77	1.93	771.70	237.63	278.56	446.25	1199.09	0.00	55.70	2994.63
25/03/08	BT3	3.74	1.95	637.10	193.84	227.79	421.66	1198.97	0.00	52.07	2737.13
25/02/08	BT3	3.74	1.95	693.79	205.36	250.10	406.84	1198.06	0.00	52.07	2811.91
25/01/08	BT3	3.72	1.94	627.11	192.65	233.31	374.59	1195.03	0.00	52.07	2680.42
25/12/07	BT3	3.71	1.94	730.68	220.03	272.24	437.65	1193.82	0.00	62.49	2922.57
25/11/07	BT3	3.70	1.94	793.31	246.76	198.52	450.29	1195.64	0.00	62.49	2952.65
25/10/07	BT3	3.67	1.95	639.46	197.12	106.88	496.52	1073.28	0.00	52.07	2570.95
25/09/07	BT3	3.63	1.98	486.23	144.80	0.00	370.82	915.05	0.00	52.07	1974.58
25/08/07	BT3	3.61	2.15	417.4	124.95	0.00	322.60	881.94	0.00	31.24	1783.89
25/07/07	BT3	3.55	2.13	455.35	114.07	0.00	363.34	869.56	0.00	27.51	1835.52
25/06/07	BT3	3.55	2.13	420.67	114.07	0.00	343.04	841.60	0.00	27.51	1752.58
25/05/07	BT3	3.54	2.12	362.44	88.66	0.00	319.85	839.03	0.00	27.51	1643.15
25/04/07	BT3	3.56	2.12	347.98	90.84	0.00	314.82	970.20	0.00	27.51	1757.03
25/03/07	BT3	3.58	2.13	389.63	89.45	0.00	406.32	1098.57	0.00	23.91	2013.61
25/02/07	BT3	3.58	2.13	420.80	102.93	0.00	338.66	1199.73	0.00	26.44	2094.27
25/01/07	BT3	3.58	2.16	398.18	103.58	0.00	333.33	1292.67	0.00	26.44	2159.94

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis del consumo de energía reactiva en exceso se utilizó la información contenida en las Tablas 2 y 3, se consideró todo consumo facturado como un exceso o una pérdida de dinero, ya que puede ser evitado con la incorporación de un banco de condensadores instalado en la red eléctrica. Para el análisis del diagrama de carga se utilizó la información proporcionada por el medidor electrónico, esta información puede ser extraída por un computador con el software proporcionado por el fabricante, el archivo contiene registros de potencia activa y reactiva en intervalos de 15 minutos, los mismos que fueron adaptados en una hoja Excel.

El análisis del diagrama de carga se realizó considerando la opción tarifaria, los horarios de consumo y la posibilidad de trasladar el consumo a un horario más conveniente y que genere competitividad a la empresa a través del consumo eficiente de energía eléctrica.

Finalmente, las técnicas de análisis utilizadas fueron de tipo cuantitativo, basadas en estadísticas. Las estadísticas permitieron describir el comportamiento de las variables a través de las técnicas de distribución de frecuencias, porcentajes, promedios y desviación estándar.

Resultados Y Discusión

Consumo de energía reactiva

Con la finalidad de determinar si el consumo de energía reactiva constituye un factor que influye negativamente en el costo eléctrico en las empresas textiles del sur de Lima, se evaluó la facturación de la muestra compuesta por 77 usuarios. Hay que tener presente que la estructura de costos de todas las tarifas eléctricas que son materia de análisis, incluyen el cargo por energía reactiva, salvo la tarifa BT5A, la misma que se calcula como el exceso del 30 % de la energía activa total por su correspondiente costo unitario, dicho exceso se considera como pérdida de dinero.

Luego de analizar la muestra se obtuvieron los datos estadísticos respecto al porcentaje de pérdidas generado por el consumo de energía reactiva: el costo total por consumo de energía de los usuarios que componen la muestra es de S/. 31'059,765.91 y el costo por exceso de consumo de energía reactiva es de S/. 501,326.16. Es decir, que los usuarios que son parte de la muestra en conjunto pagaron en exceso 1.61% del costo eléctrico.

Se puede observar que el promedio del porcentaje de pérdidas de dinero por facturación de energía reactiva es de 3.16% y que los porcentajes de pérdidas varían entre 0% y 14.44%. (Ver Tabla 4).

Tabla 4. Datos estadísticos de la muestra sobre consumo de energía reactiva.

Datos Estadísticos de la Muestra Consumo de Energía Reactiva	
Media	3.16%
Error típico	0.39%
Mediana	2.24%
Moda	0.00%
Desviación estándar	3.38%
Varianza de la muestra	0.11%
Mínimo	0.00%
Máximo	14.44%
Muestra	77

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, el exceso de energía reactiva facturado por el total de la muestra llega a 12'160,016.58 Kvarh. (Ver Tabla 5). En la primera columna se pueden observar las categorías de rangos de pérdidas por consumo de energía reactiva, la segunda columna muestra el consumo de energía reactiva que se generó dentro de cada categoría, la tercera columna detalla la cantidad de usuarios de la muestra que pertenece a cada categoría y la última columna indica el consumo promedio de un usuario dentro de una categoría determinada.

Cuando se habla de energía reactiva consumida en exceso o del porcentaje de pérdidas de dinero por consumo de energía reactiva, no quiere decir que la maquinaria instalada en las empresas de la muestra no requieran esta energía para funcionar, lo que sucede es que existen equipos que pueden evitar este derroche de

dinero y que además pueden contribuir a mejorar las condiciones ambientales al reducir el consumo del recurso energético.

Existen equipos llamados banco de condensadores que pueden ser usados en la industria para reducir el consumo de energía reactiva, de tal forma que este consumo no exceda el 30% de la energía activa total. Para evidenciar el beneficio económico que puede generar, se tomó como ejemplo de aplicación un usuario de la muestra cuyo promedio de pérdidas es similar al promedio de pérdidas de la muestra 3.16%. La Tabla 6 muestra los registros de consumo de energía activa (Ke), reactiva (Qe), potencia activa (P), potencia reactiva (Q) y la potencia que debe proporcionar el banco de condensadores para evitar que se facture energía reactiva (Qpe).

Tabla 5. Energía reactiva consumida en exceso por rango de pérdidas del costo eléctrico

Rango % de pérdidas	Energía reactiva (Kvarh)	Frecuencia	Promedio mensual (Kvarh)
0	0	13	0.00
0.01 - 1.99	1626531.76	24	3227.25
2 - 3.99	4768045.82	15	15136.65
4 - 5.99	2604896.62	11	11276.61
6 - 7.99	940309.2	5	8955.33
8 - 9.99	2172376.98	5	20689.30
10 - 11.99	433654.2	3	6883.40
12 - 14.99	370202	1	17628.67
Total general	12916016.58	77	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Registros de consumo de las variables involucradas en la determinación de la capacidad del banco de condensadores

Suministro	Fecha lectura	Tarifa	Total energía activa Kwh (Ke)	Total energía reactiva Kvarh (Qe)	Demanda Kw (P)	Cns. React. exceso Kvarh (Qp)	Tiempo (T) hr Ke/P	Demanda Kvar (Q) Qe/T	Demanda Kvar (Qpe) Qp/T	Diferencia pot. Rect. (Qr)

256608	25/09/08	BT4	10488.00	7110.00	31.86	3963.60	329	21.60	12.04	9.56
	25/08/08	BT4	10752.00	7224.00	32.34	3998.40	332	21.73	12.03	9.70
	25/07/08	BT4	10554.00	6858.00	37.11	3691.80	284	24.11	12.98	11.13
	25/06/08	BT4	10734.00	7176.00	37.32	3955.80	288	24.95	13.75	11.20
	25/05/08	BT4	11286.00	7728.00	42.60	4342.20	265	29.17	16.39	12.78
	25/04/08	BT4	12114.00	8466.00	42.69	4831.80	284	29.83	17.03	12.81
	25/03/08	BT4	10380.00	7332.00	43.05	4218.00	241	30.41	17.49	12.92
	25/02/08	BT4	14022.00	9396.00	43.05	5189.40	326	28.85	15.93	12.92
	25/01/08	BT4	10128.00	7434.00	31.86	4395.60	318	23.39	13.83	9.56
	25/12/07	BT4	17802.00	10224.00	43.41	4883.40	410	24.93	11.91	13.02
	25/11/07	BT4	20610.00	11700.00	42.24	5517.00	488	23.98	11.31	12.67
	25/10/07	BT4	19602.00	9858.00	42.24	3977.40	464	21.24	8.57	12.67
	25/09/07	BT4	19148.00	10050.00	41.98	4305.60	456	22.03	9.44	12.59
	25/08/07	BT4	17790.00	9236.00	41.98	3899.00	424	21.79	9.20	12.59
	25/07/07	BT4	14886.00	7988.00	40.27	3522.20	370	21.61	9.53	12.08
	25/06/07	BT4	16378.00	8824.00	36.24	3910.60	452	19.53	8.65	10.87
	25/05/07	BT4	12012.00	7054.00	30.47	3450.40	394	17.89	8.75	9.14
	25/04/07	BT4	11268.00	7204.00	29.54	3823.60	381	18.89	10.02	8.86
	25/03/07	BT4	12260.00	8176.00	29.54	4498.00	415	19.70	10.84	8.86
	25/02/07	BT4	13062.00	8752.00	29.54	4833.40	442	19.79	10.93	8.86
	25/01/07	BT4	12876.00	8714.00	29.54	4851.20	436	19.99	11.13	8.86

Fuente: Elaboración propia

Para determinar cuál es la potencia reactiva (Q_p) que debe proporcionar el banco de condensadores, se realizó el cálculo con ayuda de los registros de energía activa (K_e) y potencia activa (P), la división de estos datos (K_e/P) fueron utilizados para calcular el tiempo o las horas de uso mensuales (T). Posteriormente, se calculó la potencia reactiva total (Q) y la potencia reactiva que generó las pérdidas (Q_p), dividiendo la energía reactiva total (Q_e) y el

consumo reactivo en exceso (Q_p) entre las horas de uso (T) respectivamente. Finalmente, se eligió el máximo valor histórico de los 21 calculados en la columna de Demanda Kvar. (Q_p), con la finalidad de asegurar que no se generen pérdidas de dinero por consumo de energía reactiva en exceso. Este es el valor mínimo que deberá proporcionar el banco de condensadores. (Ver Tabla 7).

Tabla 7. Valores Estadísticos generados de la columna Demanda Kvar. (Q_p)

Qp	
Media	11.988312
Desviación estándar	2.8215408
Varianza de la muestra	7.9610927
Rango	8.9229
Mínimo	8.5708283
Máximo	17.493728
Cuenta	21

Fuente: Elaboración propia

La energía reactiva facturada en exceso durante los 21 meses fue de 90,058.00 kvarh., el gasto que generó dicho consumo de energía reactiva ascendió a S/. 3,491.92, el costo total eléctrico fue de S/. 89,521.02 y el porcentaje de ahorro que se logró al evitar consumo de energía reactiva en exceso fue 3.90%. Con la instalación del banco de condensadores se genera un

ahorro promedio mensual de S/166.25, si consideramos que la inversión necesaria para instalar el banco de condensadores es de US\$ 800.00 (S/. 2400.00), la inversión se podría recuperar en 15 meses aproximadamente, y luego se mantendría un ahorro de 3.9% sobre el facturado total.

Opción tarifaria

Para analizar si los usuarios de la muestra están facturando en la tarifa adecuada, se tomaron en cuenta los registros comprendidos dentro del período junio 2007 y septiembre 2008. Se simularon las facturaciones en todas las tarifas comprendidas en nuestro análisis. (Ver Tabla 8).

Tabla 8. Distribución de usuarios de la muestra según las opciones tarifarias

Distribución de la muestra		
Tarifas	Usuarios	Valor relativo %
BT2	2	2.60
BT3	22	28.57
BT4	19	24.68
BT5A	0	0.00
MT2	1	1.30
MT3	24	31.17
MT4	9	11.69
Total	77	100.00

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 9 se puede observar los valores estadísticos de los errores porcentuales de la muestra, los mismos que fueron originados por la elección inadecuada de la tarifa eléctrica. Entre los resultados estadísticos más resaltantes tenemos el valor promedio, que alcanzó un valor porcentual de 4.83%; asimismo hay usuarios que al realizar el cambio de tarifa correspondiente podrían ahorrar hasta 61.69% de su costo eléctrico.

Tabla 9. Valores estadísticos de los errores porcentuales producidos en la facturación por la elección inadecuada de la opción tarifaria

Análisis de variación porcentual	
Media	4.83
Mediana	0.00
Moda	0.00
Desviación estándar	12.10
Varianza de la muestra	1.47
Rango	61.69
Mínimo	0.00
Máximo	61.69
Muestra	77

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Distribución de usuarios y monto facturado por rangos de error en el costo eléctrico generado por una inadecuada elección de la opción tarifaria.

Usuarios	Facturado
----------	-----------

Categoría	Cantidad	Valor relativo	Monto S/.	Valor relativo
0%	47	61.04%	22,161,800.50	71.35%
0.1% - 10%	18	23.38%	8,342,380.93	26.86%
10.1% - 20%	3	3.90%	387,749.54	1.25%
20.1% - 30%	2	2.60%	61,585.71	0.20%
30.1% - 40%	6	7.79%	102,856.74	0.33%
40.1% - más	1	1.30%	3,392.50	0.01%
Total	77	100.00%	31,059,765.91	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se puede afirmar que el 38.06% del total de la muestra eligieron inadecuadamente su opción tarifaria y que el ahorro que se obtuvo después de la simulación fue de S/. 8'897,965.41 que representa el 28.65% del facturado total de la muestra.

Traslado del consumo de energía activa considerando el efecto generado por la facturación de potencia activa en el costo eléctrico

Con la finalidad de analizar el impacto que produce el traslado de carga en la clasificación del consumo de energía, se realizó la selección de los días en los que puede trasladarse carga correspondiente al consumo del mes de agosto. Para ello se incorporaron al análisis los días 30 de julio, 17 y 18 de agosto. Dentro de este análisis también se tomaron en cuenta los días 04 y 11 de agosto.

Las siguientes tablas muestran los registros de potencia (columna Normal) y los registros que han sido simulados o corregidos (columna Corregidos) con la finalidad de trasladar la energía activa que fue consumida dentro del horario de horas punta a fuera de punta. La Tabla 11 muestra los valores de potencia para cada intervalo de tiempo y los valores de energía involucrados dentro del horario presente en punta para el día 30 de julio. En la primera columna se detallan los intervalos de tiempo de registro, en la segunda columna aparecen los registros de potencia activa reales en Kw. Y en la tercera columna figuran los valores de potencia activa simulados en Kw. En la columna denominada como Energía involucrada se hizo el cálculo de la energía activa que se trasladó

del horario en horas punta (18:00 a 23:00 entre líneas lilas) al horario fuera de punta (en este caso de 08:00 a 13:00) que aparecen de rojo, este cálculo se realizó multiplicando la potencia activa registrada por el intervalo de tiempo. El total de energía activa trasladada fue de 82.13 Kwh.

La Tabla 12 muestra los valores de potencia para cada intervalo horario y los valores de energía involucrados dentro del horario presente en punta para el día 17 de agosto. En la primera columna se detallan los intervalos de tiempo de registro, en la segunda columna aparecen los registros de potencia activa reales en Kw. Y en la tercera columna figuran los valores de potencia activa simulados en Kw. En la columna denominada como Energía involucrada se hizo el cálculo de la energía activa que se trasladó del horario en horas punta (18:00 a 23:00) al horario fuera de punta (en este caso de 08:00 a 13:00) que aparecen de rojo, este cálculo se realizó multiplicando la potencia activa

registrada por el intervalo de tiempo. El total de energía activa trasladada fue de 55.98 Kwh.

La Tabla 13 muestra los valores de potencia para cada intervalo de tiempo y los valores de energía involucrados dentro del horario presente en punta para el día 18 de agosto. En la primera columna se detallan los intervalos de tiempo de registro, en la segunda columna aparecen los registros de potencia activa reales en Kw. Y en la tercera columna figuran los valores de potencia activa simulados en Kw. En la columna denominada como Energía involucrada se hizo el cálculo de la energía activa que se trasladó del horario en horas punta (18:00 a 23:00) al horario fuera de punta (en este caso de 08:00 a 13:00) que aparecen de rojo, este cálculo se realizó multiplicando la potencia activa registrada por el intervalo de tiempo. El total de energía activa trasladada fue de 323.62 Kwh.

Tabla 11. Energía activa trasladada al horario fuera de punta el día 30 de julio del 2008

	30/07/08	30/07/08		30/07/08	30/07/08		30/07/08	30/07/08	Energía involucrada
Hora	Normal	Corregido	Hora	Normal	Corregido	Hora	Normal	Corregido	
0:15	0.72	0.72	8:15	3.504	19.452	16:15	8.724	8.724	
0:30	0.684	0.684	8:30	3.744	19.282	16:30	6.588	6.588	
0:45	0.72	0.72	8:45	5.208	12.756	16:45	27.312	27.312	
1:00	0.672	0.672	9:00	6.996	12.42	17:00	57.108	57.108	
1:15	0.732	0.732	9:15	5.376	18.336	14:15	56.508	56.508	
1:30	0.672	0.672	9:30	5.076	20.736	17:30	48.456	48.456	
1:45	0.732	0.732	9:45	5.16	29.46	17:45	13.8	13.8	
2:00	0.672	0.672	10:00	6.048	21.132	18:00	15.948	0	3.99
2:15	0.732	0.732	10:15	5.4	20.832	18:15	15.528	0	3.88
2:30	0.684	0.684	10:30	6.036	21.9	18:30	7.548	0	1.89
2:45	0.72	0.72	10:45	5.34	22.334	18:45	5.424	0	1.36
3:00	0.684	0.684	11:00	5.472	22.284	19:00	12.96	0	3.24
3:15	0.696	0.696	11:15	5.496	22.032	19:15	15.66	0	3.92
3:30	0.708	0.708	11:30	5.832	21.624	19:30	24.3	0	6.08
3:45	0.684	0.684	11:45	9.636	24.72	19:45	15.084	0	3.77
4:00	0.72	0.72	12:00	5.808	20.844	20:00	14.432	0	3.86
4:15	0.684	0.684	12:15	5.34	20.82	20:15	15.864	0	3.97
4:30	0.732	0.732	12:30	5.448	11.736	20:30	17.004	0	4.25
4:45	0.684	0.684	12:45	6.216	10.704	20:45	16.812	0	4.20
5:00	0.72	0.72	13:00	13.644	32.28	21:00	16.536	0	4.13
5:15	0.684	0.684	13:15	33.228	76.836	21:15	15.792	0	3.95
5:30	0.72	0.72	13:30	5.988	76.296	21:30	15.084	0	3.77
5:45	0.672	0.672	13:45	7.044	75.384	21:45	15.036	0	3.76

6:00	0.732	0.732	14:00	7.992	25.692	22:00	15.48	0	3.87
6:15	.0672	.0672	14:15	7.224	56.436	22:15	6.288	0	1.57
6:30	0.732	0.732	14:30	6.804	6.804	22:30	4.488	0	1.12
6:45	0.672	0.672	14:45	9.66	9.66	22:45	18.636	0	4.66
7:00	1.308	1.308	15:00	8.268	8.268	23:00	43.608	0	10.9
7:15	2.82	2.82	15:15	10.104	10.104	23:15	70.308	0	
7:30	3.468	3.468	15:30	7.176	7.176	23:30	68.34	0	
7:45	3.762	3.762	15:45	9	9	23:45	17.7	0	
8:00	3.888	3.888	16:00	10.692	10.692	00:00	49.212	0	
								Total Kwh	82.13

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Energía activa trasladada al horario fuera de punta el día 17 de agosto del 2008

	17/07/08	17/07/08		17/07/08	17/07/08		17/07/08	17/07/08	Energía involucrada
Hora	Normal	Corregido	Hora	Normal	Corregido	Hora	Normal	Corregido	
0:15	0.576	0.576	8:15	10.944	10.944	16:15	10.632	10.632	
0:30	0.564	0.564	8:30	10.932	10.932	16:30	10.668	10.668	
0:45	0.564	0.564	8:45	10.824	10.824	16:45	10.608	10.608	
1:00	0.564	11.124	9:00	10.752	10.752	17:00	10.608	10.608	
1:15	0.54	11.1	9:15	10.752	10.752	14:15	10.752	10.752	
1:30	0.552	11.124	9:30	10.668	10.668	17:30	10.644	10.644	
1:45	0.54	11.16	9:45	10.788	10.788	17:45	10.608	10.608	
2:00	0.552	11.22	10:00	10.668	10.668	18:00	10.56	0	2.64
2:15	0.564	11.232	10:15	10.74	10.74	18:15	10.56	0	2.64
2:30	0.576	11.316	10:30	10.656	10.656	18:30	10.572	0	2.643
2:45	0.564	11.196	10:45	10.536	10.536	18:45	10.62	0	2.655
3:00	0.564	11.34	11:00	10.668	10.668	19:00	10.668	0	2.667
3:15	0.576	11.232	11:15	10.668	10.668	19:15	10.668	0	2.667
3:30	0.564	11.184	11:30	10.596	10.596	19:30	10.74	0	2.685
3:45	0.576	11.196	11:45	10.668	10.668	19:45	10.632	0	2.658
4:00	0.576	11.232	12:00	10.728	10.728	20:00	10.776	0	2.694
4:15	0.564	11.232	12:15	10.752	10.752	20:15	10.656	0	2.664
4:30	0.576	11.268	12:30	10.62	10.62	20:30	10.62	0	2.655
4:45	0.576	11.316	12:45	10.692	10.692	20:45	10.62	0	2.655
5:00	0.564	11.268	13:00	10.728	10.728	21:00	10.74	0	2.664
5:15	0.564	11.304	13:15	10.8	10.8	21:15	10.704	0	2.667
5:30	0.564	11.256	13:30	10.836	10.836	21:30	10.692	0	2.673
5:45	0.552	11.268	13:45	10.776	10.776	21:45	10.74	0	2.685
6:00	0.564	11.172	14:00	10.836	10.836	22:00	10.692	0	2.676
6:15	0.552	11.16	14:15	10.776	10.776	22:15	10.74	0	2.685
6:30	0.564	11.244	14:30	10.68	10.68	22:30	10.692	0	2.673
6:45	0.576	11.256	14:45	10.692	10.692	22:45	10.716	0	2.679
7:00	0.576	11.256	15:00	10.728	10.728	23:00	10.608	0	2.652
7:15	0.564	0.564	15:15	10.68	10.68	23:15	10.608	0	
7:30	8.304	8.304	15:30	10.632	10.632	23:30	10.68	0	
7:45	10.968	10.968	15:45	10.74	10.74	23:45	10.68	0	

8:00	11.016	11.016	16:00	10.608	10.608	00:00	10.68	0	
								Total Kwh	55.98

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Energía activa trasladada al horario fuera de punta el día 18 de agosto del 2008

	18/07/08	18/07/08		18/07/08	18/07/08		18/07/08	18/07/08	Energía involucrada
Hora	Normal	Corregido	Hora	Normal	Corregido	Hora	Normal	Corregido	
0:15	10.716	64.884	8:15	13.548	13.548	16:15	60.408	60.408	
0:30	10.86	66.708	8:30	13.548	13.548	16:30	62.532	62.532	
0:45	10.812	66.624	8:45	13.5	13.5	16:45	62.448	62.448	
1:00	10.776	49.62	9:00	15.828	15.828	17:00	67.908	67.908	
1:15	10.8	68.112	9:15	18.672	18.672	14:15	68.364	68.364	
1:30	10.812	67.836	9:30	15.852	15.852	17:30	63.012	63.012	
1:45	10.776	63.888	9:45	16.62	16.62	17:45	64.692	64.192	
2:00	10.836	64.128	10:00	17.772	17.772	18:00	64.884	0	16.221
2:15	10.896	68.304	10:15	18.624	18.624	18:15	66.708	0	16.677
2:30	10.776	59.664	10:30	17.976	17.976	18:30	66.624	0	16.656
2:45	10.752	46.932	10:45	19.344	19.344	18:45	49.62	0	12.405
3:00	10.776	65.808	11:00	17.664	17.664	19:00	68.112	0	17.028
3:15	10.776	68.436	11:15	45.42	45.42	19:15	67.836	0	16.959
3:30	10.776	28.02	11:30	70.908	70.908	19:30	63.888	0	15.972
3:45	10.824	30.84	11:45	75.576	75.576	19:45	64.128	0	16.032
4:00	10.8	64.956	12:00	69.384	69.384	20:00	68.304	0	17.076
4:15	10.776	72.732	12:15	70.764	70.764	20:15	59.664	0	14.916
4:30	10.776	74.388	12:30	72.18	72.18	20:30	46.932	0	11.733
4:45	10.68	69.144	12:45	75.924	75.924	20:45	65.808	0	16.452
5:00	10.704	69.348	13:00	75.312	75.312	21:00	68.436	0	17.109
5:15	10.716	64.116	13:15	73.8	73.8	21:15	28.02	0	7.005
5:30	10.668	63.912	13:30	73.8	73.8	21:30	30.84	0	7.71
5:45	10.668	67.428	13:45	70.32	70.32	21:45	64.956	0	16.239
6:00	10.68	65.832	14:00	72.108	72.108	22:00	72.732	0	18.183
6:15	10.644	64.836	14:15	60.912	60.912	22:15	74.388	0	18.597
6:30	10.668	10.668	14:30	63.108	63.108	22:30	69.144	0	17.286
6:45	10.668	10.668	14:45	65.592	65.592	22:45	69.348	0	17.337
7:00	10.632	10.632	15:00	61.428	61.428	23:00	64.116	0	16.029
7:15	11.748	11.748	15:15	59.004	59.004	23:15	63.912	0	
7:30	14.052	14.052	15:30	61.896	61.896	23:30	67.428	0	
7:45	15.36	15.36	15:45	62.28	62.28	23:45	65.832	0	
8:00	13.32	13.32	16:00	58.02	58.02	00:00	64.836	0	
								Total Kwh	323.62

Fuente: Elaboración propia

Como ya se ha afirmado anteriormente, la clasificación del consumo depende del consumo de energía activa en horas punta (EHP), del número de horas punta que se dan dentro del período de facturación (#HP) y de la máxima demanda del mes (MD), estas variables se relacionan a través de la siguiente fórmula: $MDHP = EHP/\#HP$ Si $MDHP / MD$ es mayor e igual a 0.5 el consumo es clasificado como

presente en punta y por lo tanto la potencia de generación y de distribución serán facturadas con precio de horas punta.

El usuario seleccionado para el ejemplo fue calificado en el mes de agosto con consumo presente en punta de acuerdo con el siguiente cálculo: $MDHP = 5952 \text{ Kwh} / 125\text{h} = 47.616 \text{ kw}$ $47.616 / 81.24 = 0.57$

Luego de realizadas las simulaciones de traslado de carga durante los días señalados en la tabla 3.7, se logró trasladar 976.44 Kwh.

La Tabla 14 muestra un resumen de la energía activa trasladada, en la primera columna figuran las fechas de los días en los que se realizaron las simulaciones y en la segunda columna se puede observar la energía trasladada en cada fecha.

Tabla 14. Consolidado de energía activa trasladada a horario fuera de punta

Energía activa trasladada	
Fecha	Energía Activa Kwh
30/07/08	82.13
04/08/08	345.77
11/08/08	168.94
17/08/08	55.98
18/08/08	323.62
Total	976.44

Fuente: Elaboración propia

Como resultado del traslado de energía activa se obtuvo una reducción de la energía consumida en horas punta a 4975.56 Kwh (5952 Kwh - 976.44 Kwh), lo que permitió cambiar la clasificación del consumo del usuario a fuera de punta.

Tabla 15. Cálculo de la clasificación del consumo antes y después de la simulación de traslado de carga realizada

Energía Activa HP (Kwh)	Horas de uso (hr/mes)	Máxima demanda en HP (Kw)	Máxima demanda del mes (Kw)	Factor	Clasificación del consumo
5952	125	47.616	81.24	0.586115214	HP
4975.56	125	39.80448	81.24	0.489961595	FP

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Costo de la potencia de generación y distribución por tarifa de acuerdo a la clasificación del consumo.

Clasificación del Consumo	Tipo de potencia	Costo de la potencia por tarifa (S/.)			
		BT3	BT4	MT3	MT4
En Horas Punta (HP)	Potencia de generación	17.23	17.23	16.90	16.90
	Potencia de distribución	44.20	44.20	10.81	10.81
Fuera de Punta (FP)	Potencia de generación	11.13	11.13	9.12	9.12
	Potencia de distribución	40.53	40.53	10.81	10.81

Fuente: Elaboración propia

Nuevo cálculo para la clasificación del consumo: MDHP = 4975.56 Kwh/ 125h = 39.80 kw $39.80 / 81.24 = 0.4899$

La Tabla 15 muestra los cálculos realizados para determinar la clasificación del consumo. En la primera fila se muestran los valores reales correspondientes a la energía activa consumida en horas punta, a las horas de uso en horas punta que tiene el mes de agosto o el período de facturación, a la máxima demanda del mes, al factor calculado que determina finalmente la clasificación del consumo y la clasificación del consumo propiamente dicha. La segunda fila muestra los valores anteriormente señalados, pero luego de simular el traslado de carga y reducir en consecuencia la energía activa en horas punta.

En vista que con el traslado de consumo se logró modificar la clasificación del consumo, pasando de horas punta a fuera de punta, se tiene que el precio de la potencia de generación y de distribución en las tarifas BT3, BT4, MT3 y MT4 se reducen y hacen que el consumo de energía eléctrica sea más eficiente. La Tabla 16 muestra los costos de la potencia de generación y distribución, en las tarifas anteriormente señaladas, de acuerdo con la clasificación del consumo obtenida por el usuario.

Tabla 17. Comparación de los costos de potencia facturados como usuario con clasificación del consumo en horas punta y horas fuera de punta

Sección	Descripción	Registro de potencia Kw	Costo unitario (S/.)	Costo total (S/.)
1	Potencia de generación	81.24	17.23	1399.77
	Potencia de distribución	84.15	44.20	3719.43
	Total			5119.20
2	Potencia de generación	81.24	11.13	904.20
	Potencia de distribución	84.15	40.53	3410.60
	Total			4314.80
3	Diferencia (Ahorro)			804.40
	Reducción porcentual			15.71%
4	Facturado en agosto			8910.58
	Reducción porcentual del facturado (Ahorro)			9.03%

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 17 muestra los montos facturados por el usuario seleccionado para el ejemplo de aplicación. La tabla está compuesta por cuatro secciones: en la primera sección se muestran los costos reales facturados de las potencias, en la segunda sección se detalla los costos facturados de las potencias luego de la simulación o traslado de carga, en la tercera sección se establece la diferencia en soles y se indica la reducción porcentual respecto al costo real facturado y en la cuarta sección se expone el beneficio alcanzado respecto al costo total facturado por el consumo de energía eléctrica del mes de agosto. Como se puede observar en la Tabla 17, en la última columna de la segunda sección se determina que se ha generado un ahorro de 15.71% respecto a lo facturado por potencia de generación y distribución. Por otro lado, en la última columna de la sección cuatro se establece que el ahorro generado sobre el facturado total (costo eléctrico) fue de 9.03%.

A partir de las hipótesis de investigación planteadas se halló que las variables independientes opción tarifaria, energía reactiva y análisis del diagrama de carga son causantes directas del uso ineficiente de la energía eléctrica y su efecto negativo en el costo de electricidad, atentando contra el nivel competitivo de las empresas textiles del sur de Lima.

Discusión

La presente investigación se ha basado en el estudio de las causas del uso ineficiente de la energía eléctrica y su influencia en la competitividad de las empresas textiles del sur de Lima, dicho estudio se realizó sobre la base del análisis de una muestra de 77 empresas textiles.

Durante el trabajo de investigación se analizó como una de las posibles causas a la elección inadecuada de la opción tarifaria, se hicieron los cálculos de la facturación en tarifas distintas a las elegidas por el usuario. Los resultados obtenidos confirmaron que el 38.06% de la muestra está facturando en una tarifa que perjudica su competitividad; esto ha generado pérdidas del orden del 28.65% del costo eléctrico total de la muestra y un promedio de pérdidas por usuario de 4.83% de su costo eléctrico. Según lo hallado por Arcos (2004) en la Universidad Nacional del Altiplano, acerca del cambio de tarifa, concluye que la universidad debió facturar 13.4% menos respecto al costo eléctrico, el máximo valor porcentual de ahorro fue de 61.89%.

De la misma manera, se analizó como una de las posibles causas al consumo de energía reactiva. Para ello se consideró que todo consumo facturado de energía reactiva genera ineficiencia y perjudica la competitividad de las empresas, en consecuencia sólo bastó verificar si los elementos de la muestra facturaron dicho consumo. Los resultados obtenidos indi-

can que el 83.12 % de la muestra registra montos facturados por consumo de energía reactiva y que se generó una pérdida del orden de 1.61% del facturado total de la muestra, siendo la pérdida promedio de 3.16% del costo eléctrico y un rango de pérdidas de hasta 14.99%. En la investigación realizada por Arcos (2004) se encontró que la Universidad del Altiplano generó pérdidas por consumo de energía reactiva, las mismas que representaron el 18.4% respecto al costo eléctrico mensual, este valor es muy cercano al alcanzado por algunos casos incluidos en la muestra.

Por otro lado, también se analizó el diagrama de carga de potencia activa, con la finalidad de verificar si la ausencia de análisis podría ser una de las causas de ineficiencia en el consumo de energía eléctrica. Para ello se tomó como ejemplo el consumo de un mes de un elemento de la muestra, se encontró que existía la posibilidad de trasladar consumo de energía activa del horario en horas punta al de fuera de punta, al hacer esto se consiguió un ahorro de 23.85% en lo facturado por energía activa y un 9.03% en lo facturado por potencia activa respecto al costo eléctrico, al modificar la calificación del consumo.

Los resultados de la investigación realizada permiten afirmar que son causas de ineficiencia en el consumo de energía en las empresas textiles: la opción tarifaria, el consumo en exceso de energía reactiva y la falta de análisis del diagrama de carga, en donde las pérdidas promedio generadas están en el orden de 4.83%, 1.61% y 32.88% del facturado total respectivamente: La de mayor relevancia es la falta de análisis del diagrama de carga, lo que pone de manifiesto las deficiencias del sector para hacer un buen manejo de sus horarios de producción y la carencia de control de consumo a través de indicadores de gestión eléctrica.

Por otro lado, el ahorro que pueda lograr cada empresa dependerá de corregir la causa o las causas que generan la ineficiencia, éste podría estar entre 4.83% y 39.32% en promedio del total facturado por energía eléctrica, considerando que el costo eléctrico representa entre el 5% y 10% del costo producción. En consecuencia el ahorro sobre este costo estaría en el rango de 2.41% a 3.93% en las empresas textiles del sur de Lima.

A la luz de los resultados también es posible plantear como posibles causas de ineficiencia en el consumo de energía eléctrica a la falta o ineficiente planificación de la producción, a

la concurrencia de cargas innecesariamente (máxima demanda) y al mantenimiento inadecuado de la maquinaria y las instalaciones eléctricas, así como también a la poca preocupación de las empresas textiles en analizar el consumo de energía eléctrica.

La única limitación para aplicar la metodología planteada radica en la obtención del diagrama de carga, ya que dicha información sólo puede ser obtenida si el medidor electrónico cuenta con esta función. En caso de que no sea así, será necesario instalar un registrador de potencia.

En cuanto a los resultados de la encuesta, se obtuvo que de las 77 empresas textiles de la muestra, sólo 28 de ellas analizan el consumo de energía eléctrica (esto representa el 36.36% de la muestra). De estas 28 empresas, 11 analizan la opción tarifaria, 11 analizan el consumo de energía reactiva, 3 el diagrama de carga y sólo 3 más de una de las variables mencionadas anteriormente.

Por otro lado, 18 de estas empresas conocen las opciones tarifarias que puede elegir para la facturación de su consumo, pero no todas la consideran como una variable de análisis según la información proporcionada en el anterior párrafo. Las empresas que conocen la estructura de facturación de las diversas opciones tarifarias sólo son 12 y las que saben cómo reducir el consumo de energía reactiva son 4, lo que explica por qué la muestra presenta un exceso de 1.61% de su costo eléctrico facturado como consecuencia del exceso consumo de energía reactiva.

Además, de las 28 empresas textiles que se preocupan por realizar algún tipo de análisis de su facturación de consumo de energía eléctrica, sólo 3 cuentan con los conocimientos necesarios para evaluar la calificación del consumo de energía.

Conclusiones

La opción tarifaria constituye una causa de ineficiencia en el consumo de energía eléctrica en las empresas textiles del sur de Lima, ya sea porque fueron seleccionadas por desconocimiento o porque no se hizo el correspondiente seguimiento ante un cambio en el comportamiento de consumo. El desconocimiento de las estructuras tarifarias es la causa básica de este problema.

El consumo de energía reactiva es necesario para el funcionamiento de la maquinaria,

está presente en todas las estructuras tarifarias, sin embargo, sólo se factura aquel consumo que excede el 30% de energía activa total, el mismo que genera ineficiencia en el consumo e incremento del costo eléctrico en las empresas textiles del sur de Lima. Esta situación también se presenta por el desconocimiento de las estructuras tarifarias y por qué no tienen en cuenta que este exceso de consumo puede evitarse con la instalación de un banco de condensadores.

Una de las formas más eficaces de controlar el consumo de energía es a través del diagrama de carga, para ello es necesario hacerlo bajo dos perspectivas, primero considerando si se puede evitar el consumo de energía activa en el horario de horas punta y segundo considerando que el consumo no clasifique como presente en punta. Las opciones tarifarias establecen diferencias en el costo de la energía activa para los horarios de hora punta y fuera de punta, en consecuencia si no se analiza esto a través del diagrama de carga, se genera ineficiencia y pérdida de competitividad en las empresas textiles del sur de Lima.

La clasificación del consumo del usuario no es un concepto conocido y manejado en las empresas textiles del sur de Lima, el costo de la potencia activa se incrementa cuando el consumo clasifica como presente en punta, lo grave de esto y que definitivamente genera ineficiencia en el consumo de energía eléctrica, es que se haya dado innecesariamente por la falta de control a través del diagrama de carga. Un adecuado control del consumo de energía eléctrica puede evitar pérdidas de hasta 3.9% aproximadamente en el costo de producción.

Recomendaciones

El primer paso para evitar ineficiencia en el consumo de energía es comprender la facturación, por lo que se recomienda solicitar la asesoría correspondiente a la empresa de distribución de energía eléctrica. Se recomienda mensualmente simular en otras tarifas, a las que pueda tener acceso, el cálculo del consumo de energía eléctrica y si durante dos meses consecutivos el resultado es inferior al valor real de la facturación, evaluar el cambio a la tarifa más beneficiosa.

Verificar en la facturación si se incluye algún monto por concepto de consumo de energía reactiva. De ser así, solicitar la asesoría necesaria para evaluar la reducción de este

consumo a través de la instalación de bancos de condensadores, considerando siempre el valor de la inversión y el tiempo de recuperación de la misma.

Lo más recomendable es programar la actividad productiva en el horario fuera de punta, con esto se evita los costos más elevados en energía activa y calificación del consumo como presente en punta. El consumo de energía eléctrica, como cualquier otra actividad, debe ser el resultado de una adecuada planificación. La facturación debe ser contrastada con lo planificado y deben corregirse las desviaciones al más breve plazo.

Referencias

- Arcos, L. (2004). *Proyectos de ahorros de energía: Caso de la Universidad del Altiplano*. Tesis para obtener el Grado de Maestro en Economía. Universidad del Altiplano. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. Escuela de Postgrado.
- Salas Villegas, C. (2004). *Auditoría energética en la fábrica de cemento Coboce*. Cochabamba: Universidad Católica Boliviana San Pablo.
- Veltri Rosal, R. (2002). *Programa de ahorro de energía eléctrica en los sistemas de iluminación del Instituto Universitario de Tecnología "José Antonio Anzoátegui"*. Caracas: Ministerio de Educación Superior.