



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

AHORRO ENERGÉTICO EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD DE PIURA - CAMPUS PIURA

Brian Fiestas-Farfán

Piura, abril de 2011

FACULTAD DE INGENIERÍA

Maestría en Ingeniería Mecánico Eléctrica

Fiestas, B. (2011). *Ahorro energético en el sistema eléctrico de la Universidad de Piura - Campus Piura*. Tesis de Master en Ingeniería Mecánico-Eléctrica con Mención en Sistemas Energéticos y Mantenimiento. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Piura, Perú.



Esta obra está bajo una [licencia](#)
[Creative Commons Atribución-](#)
[NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

UNIVERSIDAD DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA



“AHORRO ENERGÉTICO EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA
UNIVERSIDAD DE PIURA – CAMPUS PIURA”

Tesis para optar el Grado de Master en Ingeniería Mecánico-Eléctrica
con mención en Sistemas Eléctricos y Automatización Industrial

BRIAN EDUARDO FIESTAS FARFÁN

Asesor: Dr. Ing. Alejandro Ancajima Alamo

Piura, abril 2011.

A Dios, a mi familia y a mis amigos.

Prólogo

El aumento del efecto invernadero está causando cambios climáticos en el planeta. Este fenómeno es causado por el aumento de emisiones de gases de efecto invernadero, teniendo entre sus principales agentes a las emisiones de las plantas de generación térmica (puestas en funcionamiento para proveer de energía eléctrica tanto a usuarios residenciales como industriales), del parque automotriz y de la aviación.

Así mismo, en los últimos años se viene presentando un aumento en los costos de los combustibles fósiles debido al agotamiento de las reservas mundiales de los mismos. Si bien esta es una realidad mundial en nuestro país, esto no se ha sentido de manera abrumadora para la población debido a que parte de este aumento en los precios ha sido subsidiado por el estado peruano. Gran parte de la matriz energética peruana proviene de los hidrocarburos: el 56% de la matriz energética en el año 2007 corresponde al petróleo y el 17% al Gas Natural + LGN, lo cual se puede revisar en [1]. Bajo este escenario se presentan interesantes alternativas energéticas tales como las energías renovables, los biocombustibles y la mejora de la gestión energética mediante el ahorro energético. Cabe indicar que este aumento del precio del combustible trae consigo un aumento del precio de la energía eléctrica, ya que la mayor fuente de generación de la misma es mediante centrales térmicas.

Dentro del contexto antes descrito, un aumento del efecto invernadero en el planeta y de los costos de los combustibles fósiles, es que se desarrolla mi tesis y son los motivos que hacen del ahorro energético un tema importante a desarrollar en la ingeniería peruana ya que ésta no se puede sentir excluida de la realidad mundial.

La presente tesis busca explicar de manera genérica los conceptos y normativa fundamental del ahorro energético y de la gestión tarifaria y proveer un ejemplo práctico de la aplicación de estos conceptos. Para esto se ha desarrollado una auditoría energética de un sistema de utilización eléctrica de un campus universitario, en este caso del Campus Piura de la Universidad de Piura.

Así mismo, con la finalidad de comprobar la rentabilidad del ahorro energético en un caso real, se ha realizado una evaluación económica de las medidas indicadas dentro del proyecto de ahorro energético.

Con todo lo anterior se pretende concretar el objetivo de poder presentar al ahorro energético como procedimientos para preservar nuestro medio ambiente de manera rentable económicamente.

Agradezco a mi asesor, el Dr. Alejandro Ancajima, que ha estado constantemente conmigo, no solo asesorándome sino apoyándome para poder desarrollar la presente tesis de manera satisfactoria y al Ing. Enrique Martínez, el cual en su momento me ha proporcionado la información y las facilidades necesarias para poder llevar a cabo la realización de mi tesis.

Resumen

En el primer capítulo se realizará un bosquejo teórico de los principales conceptos a utilizar a lo largo de la presente tesis. Puntos como qué es el ahorro energético, cómo se puede ahorrar energía, qué es la gestión tarifaria y otros más, se explican en esta sección y su comprensión es necesaria para poder entender el caso de aplicación que luego se presentará.

En el segundo capítulo se desarrolla una auditoría energética al Campus Piura de la Universidad de Piura. Se realiza un análisis tanto energético como tarifario. De esta auditoría energética se obtiene un diagnóstico que permite elaborar medidas correctivas y definir soluciones de gestión energética dentro del campus.

En el tercer capítulo se hace una evaluación económica de las recomendaciones técnicas antes indicadas. Cabe señalar que éste es un punto bastante importante, ya que como se sabe, la ejecución de cualquier proyecto, independientemente de su origen, depende de la rentabilidad económica del mismo.

Índice general

Dedicatoria

Prólogo

Resumen

Índice general

Introducción.....	1
Capítulo 1: Fundamento teórico.....	3
1.1 Introducción	3
1.2 ¿Qué es el ahorro energético?.....	3
1.3 ¿Por qué ahorrar energía eléctrica?.....	4
1.4 Formas de ahorrar energía eléctrica.....	4
1.4.1 Mejora del rendimiento de los equipos	5
1.4.2 Formas de mejorar el rendimiento de las instalaciones eléctricas.....	8
1.4.3 Utilización racional de los equipos	10
1.5 ¿Qué es la gestión tarifaria?	12
1.5.1 Evaluación de la correcta facturación	12
1.5.2 Evaluación del contrato de energía eléctrica	13
1.5.3 Evaluación de la gestión de consumos de energía y de potencia.....	18
Capítulo 2: Auditoría de ahorro energético al sistema eléctrico de la Universidad de Piura - Campus Piura	21
2.1 Introducción.....	21
2.2 Descripción de la situación actual	21
2.2.1 Introducción	21
2.2.2 Descripción del usuario	21
2.2.3 Descripción de los suministros de energía eléctrica.....	22
2.2.4 Descripción de la compensación de energía reactiva	28
2.2.5 Descripción de las principales cargas eléctricas	29
2.3 Selección de las cargas y suministros a evaluar	32
2.3.1 Introducción	32

2.3.2 Selección de las cargas a evaluar	32
2.3.3 Selección del suministro a evaluar	34
2.4 Evaluación de la carga crítica	35
2.4.1 Introducción	35
2.4.2 Descripción del tipo de iluminación de edificios..	35
2.4.3 Evaluación de la iluminación de edificios	36
2.4.4 Recomendaciones	36
2.5 Evaluación tarifaria del suministro eléctrico A.....	37
2.5.1 Introducción	37
2.5.2 Evaluación de la correcta facturación..	37
2.5.3 Evaluación del contrato de suministro de energía eléctrica	39
2.5.4 Evaluación de la gestión de los consumos energético y de potencia.....	43
2.5.5 Simulación de los resultados de las medidas a tomar	52
2.5.6 Selección de la tarifa de los suministros A y C una vez realizados los cambios indicados en el proyecto de ahorro energético	54
Capítulo 3: Evaluación económica del proyecto de ahorro energético.....	55
3.1 Introducción.....	55
3.2 Base teórica.....	55
3.2.1 Conceptos básicos	55
3.2.2 Tipo de proyecto según su origen	56
3.2.3 Horizonte de proyección de un proyecto.....	57
3.2.4 Indicadores de rentabilidad de un proyecto.....	57
3.2.5 Tipo de evaluaciones de un proyecto.....	59
3.2.6 Sensibilidad del proyecto.....	59
3.2.7 Sostenibilidad del proyecto	59
3.2.8 Criterios de aceptación de un proyecto.....	59
3.3 Evaluación del proyecto de ahorro energético.....	60
3.3.1 Introducción	60
3.3.2 Evaluación económica.....	60
3.3.3 Análisis de sensibilidad	63
3.3.4 Análisis de sostenibilidad	64
3.4 Conclusión de la evaluación económica	64
Conclusiones	65
Bibliografía	67
Anexos	69
Anexo A	70
Anexo B.....	74
Anexo C.....	78
Anexo D	80

Anexo E	81
Anexo F	82
Anexo G	86
Anexo H	88
Anexo I	92
Anexo J	95
Anexo K	98
Anexo L.....	102
Anexo M.....	104
Anexo N.....	106
Anexo Ñ.....	107
Plano A	

Introducción

Debido al actual calentamiento global de nuestro planeta, este presenta una situación alarmante y un futuro incierto. En las noticias del día a día se observa que maravillas naturales (glaciares, nevados, iceberg, arrecifes, etc.) que hasta hace poco nos habían maravillado por su majestuosidad y/o biodiversidad, hoy en día son parte del pasado, todo esto debido al calentamiento global.

El calentamiento global se debe a las emisiones de gases invernadero teniendo al CO₂ como principal componente. A su vez este componente tiene entre sus principales fuentes a las emisiones producto de la combustión de combustibles fósiles y biomasa, tanto en procesos industriales, transporte y actividades domiciliarias. De esto se deduce que actualmente el calentamiento global está ligado al desarrollo del ser humano, el cual no ha tenido en cuenta al medio ambiente al momento de plantearse su crecimiento.

Actualmente en el mundo se está realizando muchas investigaciones con la finalidad de aumentar la eficiencia energética de los procesos realizados por el ser humano, para lo cual se busca mejorar la gestión de las cargas a utilizar así como el mejoramiento del rendimiento mismo de los equipos a utilizar. Además mucha gente ha tomado conciencia y se están llevando cruzadas para evitar el consumo innecesario de energía. Como referencia tenemos al último Día del Planeta celebrado casi a nivel mundial el 22 de abril del 2009.

La energía está presentando un aumento considerable en sus costos, debido fundamentalmente al agotamiento de los hidrocarburos y a la escasez de fuentes de energías limpias. Debido a esto, en la actualidad, científicos de todo el planeta están buscando solucionar el problema mediante nuevas alternativas energéticas. La utilización de energías renovables sale a la vista, siendo la alternativa óptima para un futuro próximo. Sin embargo, hasta que estas opciones sean económicamente viables se deberá de buscar la forma de reducir la emanación de gases de efecto invernadero: el ahorro energético.

Si bien todavía se hace difícil conseguir energía renovable económicamente rentable como para competir con la energía no renovable, el ahorro energético se presenta como una alternativa económicamente factible y que tiene su aplicación en un corto, mediano y largo plazo con la finalidad de racionalizar el consumo de energía dentro de nuestras instalaciones, reduciendo también sus costos respectivos.

La presente tesis tiene los siguientes objetivos:

- 1) Presentar los fundamentos teóricos y normativos del ahorro energético y gestión tarifaria.
- 2) Presentar un ejemplo práctico de la aplicación de los conceptos de ahorro energético y gestión tarifaria mediante una auditoría energética.
- 3) Evaluar la rentabilidad de un proyecto de ahorro energético (originado de la auditoría de ahorro energético) mediante una evaluación económica.

La orientación que va a tener la presente tesis es hacia el ahorro energético eléctrico ya que es la forma de energía que mas se utiliza en la mayoría de realidades y a su vez es la de más fácil gestión. Si bien se tiene una abundante información técnica acerca del ahorro energético, se ha procurado organizar la información de manera adecuada y sobre todo dar un ejemplo práctico de aplicación real en el cual se pueda palpar de manera real las ganancias que se puede lograr.

Capítulo 1

Fundamento teórico

1.1 Introducción

A continuación se presentará el fundamento teórico de conceptos a tratar en la presente tesis tales como el ahorro energético y la gestión tarifaria. Así mismo estos dos conceptos quedarían inconclusos si no se explicase el “cómo hacerlo”, para lo cual se describirá las formas de ahorrar energía eléctrica, de manera breve y genérica ya que sería casi imposible tratar todos los casos posibles debido a la variedad y profundidad que existe en la actualidad.

La comprensión del presente capítulo ayudará en el entendimiento del ejemplo de aplicación presente en el capítulo 2.

1.2 ¿Qué es el ahorro energético?

Desde hace unos años atrás se viene hablando de ahorro energético pero, qué es el ahorro energético. El ahorro energético es la gestión adecuada del consumo de los diferentes tipos de energía.

El objetivo del ahorro energético como su mismo nombre lo dice es ahorrar energía, lo cual se puede realizar de dos maneras: disminuyendo la potencia consumida por el utilizador o disminuir su tiempo de trabajo.

El ahorrar energía trae de manera inherente dos ventajas: disminuir la emisión de los gases de efecto invernadero y disminuir los costos por consumo de energía.

Disminución de emisión de gases de efecto invernadero: como se había mencionado antes, los gases de efecto invernadero son causados, fundamentalmente, por la emisión de dióxido de carbono (CO_2) a la atmósfera en la quema de combustibles fósiles y biomasa (gas natural, petróleo, combustibles, leña) en procesos industriales, transporte, y actividades domiciliarias (cocina y calefacción). Así si es que se disminuye el consumo

energético se disminuirá también la emisión de dióxido de carbono y, como resultado, se desacelerará el efecto invernadero.

Disminuir los costos por consumo de energía: debido a que disminuye el consumo energético, disminuye los gastos por consumo de energía. Dependiendo de la situación y de la gestión que se realice, se puede llegar a conseguir ahorros considerables. Así mismo, debido a la actual escasez de los hidrocarburos, los costos de los mismos está aumentando (no de manera abrumadora para los usuarios, como si está sucediendo en otros países, ya que parte de este aumento ha sido subsidiado por el estado peruano) trayendo consigo el aumento de los costos de la energía, por lo que el ahorro de consumo de energía es valioso cuando se cuantifica monetariamente. Esto se puede revisar en [2].

El ahorro energético se aplica a los diferentes ámbitos de la vida del ser humano, desde una pequeña vivienda hasta las grandes industrias. Por ejemplo, en una vivienda de Piura se puede realizar un ahorro energético con grandes ahorro de dinero si es que se anula la utilización de la terma eléctrica durante todo el año menos ya que prácticamente nunca se vuelve necesario. En el caso de una industria se puede tener un gran ahorro energético si es que todos los motores eléctricos de gran potencia que trabajan casi todo el tiempo del año son cambiados por motores de alta eficiencia.

1.3 ¿Por qué ahorrar energía eléctrica?

Hoy en día casi en la totalidad de procesos se utiliza la energía eléctrica como fuente energética para realizar trabajo. Desde una pequeña casa dentro de un asentamiento humano rural hasta una gran planta de producción hace uso de energía eléctrica, y en todas ellas se puede optimizar su uso. Esto se debe a que los procesos que utilizan electricidad presentan una mayor eficiencia, son más limpios y mas controlables que los procesos que no trabajan con este tipo de energía.

Actualmente gracias a la electrónica de potencia y al control industrial, procesos que consumían mucha energía presentan una optimización tal que trabajan en su valor de rendimiento máximo. Con todas estas ventajas, la energía eléctrica es la que mas facilidad presenta en su gestión.

Debido a lo antes expuesto, es que se ha escogido a la energía eléctrica como materia de estudio en el ahorro energético en la presente tesis.

1.4 Formas de ahorrar energía eléctrica

Como se mencionó anteriormente, el ahorro energético será enfocado a los sistemas de utilización eléctrica. De acuerdo a lo investigado, se tiene que las formas de realizar un ahorro energético son tres a saber:

- a) Mejora del rendimiento de los equipos.
- b) Mejora del rendimiento de la instalación eléctrica.
- c) Utilización racional de los equipos.

1.4.1 Mejora del rendimiento de los equipos

La mejora del rendimiento de los equipos es la forma en la que se puede realizar un ahorro energético de una manera más rápida y eficaz, realizando el mismo trabajo. La necesidad de mejora del rendimiento depende de las dimensiones de la carga y del tiempo que ésta trabaje. El tener un equipo de alta eficiencia se hace necesario cuando éste consume una gran potencia y trabaja una gran cantidad de tiempo.

A continuación se presentará la forma para lograr que los equipos que funcionan en base a la electricidad presenten un mayor rendimiento:

a) Dimensionamiento adecuado

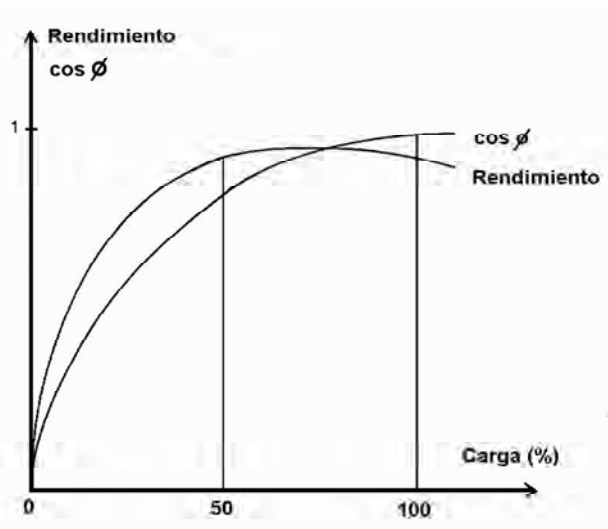
El dimensionamiento de los equipos que funcionan con energía eléctrica es de gran importancia cuando se busca tener una adecuada eficiencia en el equipo. Cuando un equipo trabaja a valores muy distintos a su valor nominal, tanto por encima o por debajo, presentan un rendimiento bajo.

A continuación se presentará el ejemplo del motor eléctrico. Este permitirá ejemplificar todo lo indicado antes.

• El motor eléctrico

En la figura 1.1 se aprecian las curvas de desempeño de un motor eléctrico típico. Se puede ver que cuando éste trabaja por valores menores al 50% de su carga nominal presenta una caída notable de su rendimiento y de su factor de potencia, lo cual no es bueno, ni para el equipo, ni para la instalación y mucho menos para usuario.

✓ Figura 1.1 Curva de desempeño de un motor eléctrico convencional



Fuente: presentación “Ahorro de energía en el uso de los motores eléctricos” del Ing. Raúl Del Rosario [3]

b) Realizar el mantenimiento respectivo

Todo equipo, sea cual fuera su origen requiere un mantenimiento periódico. El realizar este mantenimiento no solo permite detectar posibles fallas en un futuro (mantenimiento predictivo), sino también evitar otras mas que se podrían dar (mantenimiento preventivo). Así mismo, el realizar el mantenimiento preventivo de un equipo aumenta sus prestaciones, incrementando así su rendimiento y su capacidad de poder trabajar a su valor nominal. La ausencia del mantenimiento ocasiona que para un mismo trabajo a realizar el equipo tenga que realizar un mayor esfuerzo y por ende un mayor consumo de energía.

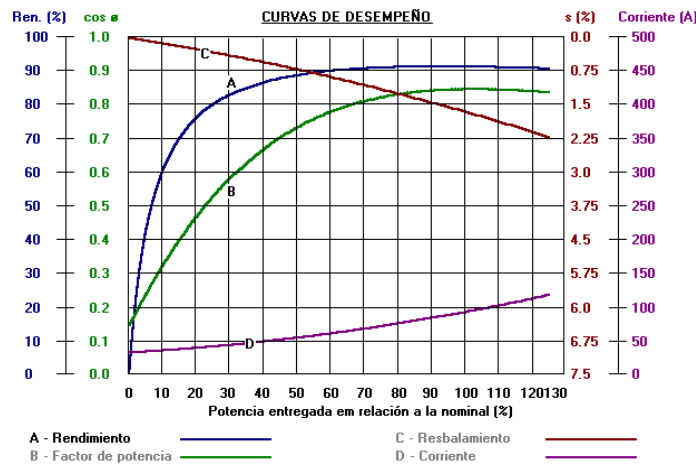
c) Utilizar equipos que tengan un mayor rendimiento

El aumento de rendimiento de un equipo garantiza un menor consumo energético realizando un mismo trabajo. Debido a esto, se busca tener equipos con un mayor rendimiento, presentándose actualmente equipos de estas características dentro del mercado. Un caso muy difundido actualmente debido a que es un equipo que se utiliza mucho es el caso del motor de alta eficiencia.

• El motor eléctrico de alta eficiencia

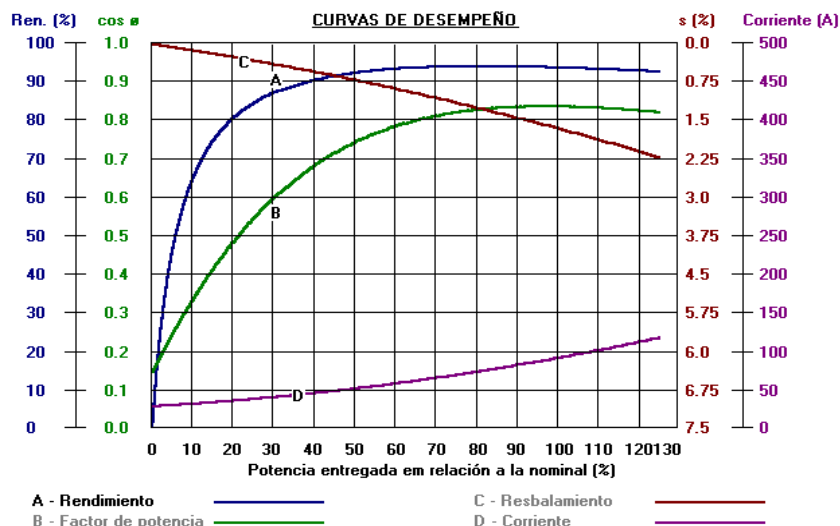
En las figuras 1.2 y 1.3 se muestran las curvas de desempeño de un motor normal y de un motor de alta eficiencia respectivamente.

✓ Figura 1.2 Curva de desempeño de un motor eléctrico estándar



Fuente: presentación “Ahorro de energía en el uso de los motores eléctricos” del Ing. Raúl Del Rosario [3]

✓ Figura 1.3 Curva de desempeño de un motor eléctrico de alta eficiencia



Fuente: presentación “Ahorro de energía en el uso de los motores eléctricos” del Ing. Raúl Del Rosario [3]

Comparando las figuras 1.2 y 1.3 se puede ver que el motor de alta eficiencia presenta curvas de eficiencia mayores aumentando aproximadamente de 90% a 95% cuando el motor trabaja en su carga nominal.

A continuación se mostrará un ejemplo numérico que nos permite visualizar la importancia de este aumento de rendimiento:

Suponiendo que se tiene que realizar un trabajo mecánico de 200HP mediante un motor eléctrico, pudiendo ser uno convencional o uno de alta eficiencia. Se evaluará económicamente luego de 10 años de vida útil de dicho motor eléctrico cuál de los dos resultó más rentable económicamente. Este motor trabaja las 24 horas del día, los 365 días del año.

Datos técnicos de motor	Estándar	Alta eficiencia
Potencia (HP)	200	200
Carga	80%	80%
Eficiencia	91%	94,5%
Potencia consumida (kW)	131,11	126,26
Horas trabajadas por año	8760	8760
Cantidad de años	10	10
Totalidad de horas	87600	87600
Costos		
Costo del motor S/.	17352	21168
Costo de la energía S/.	1601067	1541769
Costo total S/.	1618419	1562937
Ahorro obtenido		55483
Índice Beneficio/costo		2,62

Como se puede observar, el proyecto de utilizar un motor de alta eficiencia es altamente rentable, sin embargo, esto está ligado a su tiempo de uso, ya que en cuanto más continuo sea el trabajo del motor, se llegará a tener un mayor ahorro de energía y por ende el proyecto será más rentable.

d) Utilización de equipos comandados por sistemas electrónicos

Actualmente la electrónica no solo ayuda a hacer la vida del hombre más fácil, también permite tener una reducción de consumo energético, ya que ésta optimiza el uso de la energía. A continuación unos ejemplos:

- **Utilización de sistemas automáticos de control en los procesos industriales.** El uso de sistemas automáticos de control permite la optimización de la energía que requiere un proceso para poder llegar a obtener el set-point deseado. De ésta manera se usa solo la energía necesaria para poder obtener el objetivo.
- **El uso de variadores de frecuencia en los motores eléctricos.** El uso de variadores de frecuencia en el arranque y operación de motores eléctricos optimiza el consumo energético de un motor eléctrico. En el arranque ya no se tiene el gran pico de corriente que se tenía antes ya que ahora el arranque del motor es suave. Además ahora el motor trabaja en sus regímenes de alta eficiencia ya que la variación de su frecuencia hace variar también sus curvas de eficiencia, coincidiendo su punto de trabajo con la zona de alta eficiencia del motor para las diferentes frecuencias.
- **Utilización de balastos electrónicos para los fluorescentes.** Los balastos electrónicos permiten un arranque “suave” de un fluorescente. De esta manera no se tiene el pico energético consumido con los balastos normales.
- **Utilización de sistemas de gestión de consumo.** La utilización de sistemas de gestión de consumo permite tener monitoreado el consumo de energía y potencia de un suministro eléctrico. Con el adecuado uso de éstos se puede optimizar el consumo eléctrico, llegando a actuar de manera efectiva y eficiente sobre la máxima demanda y el factor de calificación, cuya buena gestión trae consigo ahorro económico.

1.4.2 Formas de mejorar el rendimiento de la instalación eléctrica

A continuación se presentará la forma para lograr que una instalación eléctrica presente un rendimiento adecuado:

a) Compensación de la energía reactiva

Esta información ha sido tomada de [4]

La compensación de energía reactiva, además de reducir o anular el pago por exceso de energía reactiva disminuye la corriente que circula por el sistema eléctrico, lo que trae consigo los siguientes beneficios:

- Disminuye las pérdidas por efecto Joule.
- Alivia elementos cuya vida útil depende de la cantidad de corriente que le circula por ellos, tales como conductores y transformadores.
- Disminuye la potencia con la que trabajan los transformadores, aliviándolos y permitiendo utilizar ahora esta nueva potencia disponible para mayor transformación de potencia activa.

Antes de instalar un banco de condensadores, se deben de tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda realizar un estudio de diagrama de cargas previo con la finalidad de dimensionar adecuadamente la energía reactiva consumida ya que se puede cometer el error de subdimensionar o sobredimensionar el banco de condensadores. El primer problema trae consigo el que éste no pueda cumplir con el objetivo propuesto y cuando se sobredimensiona se puede realizar una inversión innecesaria.
- Para evitar sobrecompensaciones de energía reactiva, las cuales ocasionan sobretensiones sostenidas que pueden malograr equipos, se recomienda utilizar reguladores de energía reactiva automáticos. Además con estos reguladores en momentos que no se encuentre en un consumo pico se puede obtener un factor de potencia igual a 1, aliviando de esta manera a los conductores y a los transformadores.
- Se debe de realizar un estudio de calidad de energía previo en instalaciones que hacen uso de gran cantidad de equipos electrónicos (por ejemplo grandes centros de cómputo) o de equipos electrónicos de potencia (tales como los variadores de frecuencia o arrancadores de estado sólido). Esto se debe a que el uso de los bancos de condensadores en redes con alto contenido armónico (aquellas redes que tienen como elementos utilizadores los equipos antes indicados) aumenta el contenido armónico en la misma, aumentando la problemática que tienen los armónicos, entre los cuales se incluye la disminución del tiempo de vida útil de los bancos e inclusive su deterioro.
- La instalación del banco de condensadores para un motor eléctrico se debe de realizar aguas arriba del mando y protección del mismo. Si bien los beneficios que trae la compensación de la energía reactiva se lleva a cabo tanto aguas abajo como aguas arriba de los circuitos de mando y protección del motor eléctrico, el instalar un banco de condensadores en la primera opción implicaría que la corriente que visualizarían los circuitos de mando y protección sería menor a la corriente que estaría consumiendo el motor debido a la compensación de la potencia reactiva realizada por el banco de condensadores. Esto ocasionaría que los sistemas de mando y protección no actúen de manera adecuada ya que no estaría midiendo el valor de corriente correspondiente al motor eléctrico.

b) Adecuado dimensionamiento de los conductores

El aumentar el rendimiento de un sistema cualquiera implica reducir sus pérdidas. En el caso de una instalación eléctrica esto se traduce en reducir las pérdidas por efecto Joule, lo cual se logra con el adecuado dimensionamiento de los conductores. Un

sobrecalentamiento de los conductores representa una gran pérdida de energía eléctrica por efecto Joule, ocasionando daños en el conductor y pérdidas en el sistema eléctrico. Cuando se encuentra que se tiene sobrecalentamiento en algún conductor se recomienda aliviarlo disminuyendo su carga, compensar su energía reactiva, reforzarlo o en el peor de los casos cambiarlo.

c) Evitar fugas a tierra

Las fugas a tierra es otro importante factor de pérdidas en una instalación eléctrica. Muchas veces por una falla en el sistema eléctrico o por una disminución del aislamiento de los conductores éstos hacen contacto con las masas que los rodean y ocasiona pérdidas considerables de energía eléctrica. A continuación se describirá como es que se presenta cada uno de los esquemas de conexión del neutro frente a fallas a tierra.

El esquema de conexión TT es el que presenta mayores pérdidas en el caso de fugas a tierra. En este caso cuando se ocasiona fallas de aislamiento y la corriente retorna por el terreno, encuentra una resistencia, en la que se disipará potencia eléctrica por el paso de la corriente.

El esquema de conexión TN no presentará pérdidas en el caso de fugas a tierra, ya que el retorno de la corriente de falla se realizará por los conductores eléctricos de fase y de neutro y nunca circulará por la resistencia de tierra del dispersor.

En un sistema eléctrico con esquema de conexión IT se presenta pérdidas por fugas a tierra solo cuando el punto de falla se encuentra ubicado muy lejos del transformador debido a que la reactancia capacitiva transversal es baja. Cuando la falla se produce cerca al transformador, la reactancia capacitiva transversal es alta y por ende la corriente es baja y las pérdidas son casi despreciables. Al margen del punto de falla y el recorrido que tenga la corriente, ésta no recorrerá ninguna resistencia de tierra, por ende no se tendrán pérdidas de potencia.

Para conductores aterrados sea cual fuera el esquema de conexión utilizado se recomienda siempre encontrar la falla y eliminarla.

1.4.3 Utilización racional de los equipos

Si bien este punto se presenta luego de haber mencionado el aumento del rendimiento de los equipos eléctricos y del aumento del rendimiento de la instalación eléctrica, ésta es la medida que permite tener un ahorro energético, con la respectiva disminución de los costos, de una manera rápida, eficaz, eficiente y sobre todo sin una inversión inicial. Este punto se resume en la siguiente frase “Utilizar la energía eléctrica solo cuando sea necesaria”. Cada uno es conciente del despilfarro que se realiza en su hogar o en su punto de trabajo. Para dar algunos ejemplos, se presentan los siguientes casos de utilización de energía eléctrica excesiva:

a) En el hogar

Esta información se ha recogido de [5].

- **Utilizar la cocina eléctrica en vez de la cocina a gas.** La cocina eléctrica consume 4kW, el equivalente a 40 focos de 100W. El uso de la cocina eléctrica tiene un costo de suministro de energía mucho más alto que el uso de la cocina a gas además de contaminar mucho más el ambiente, ya que si bien se hace uso de energía eléctrica, para poder generar esta energía eléctrica en algún lugar se ha debido hecho uso de una planta de generación térmica.
- **Dejar encendida la plancha eléctrica sin estar utilizándola.** La plancha es uno de los equipos eléctricos más comunes en el hogar y que más consume. Consume 1kW, el equivalente a 10 focos de 100W. El tenerla encendida o hacerla trabajar durante la noche, cuando la temperatura es más baja y por ende se requiere mayor cantidad de energía para calentarla, implica un desperdicio de energía innecesario.
- **Dejar conectados los equipos eléctricos tales como televisores, computadoras, y cargadores de celular, etc. sin estar utilizándolos y/o en estado stand-by.** Si bien estos equipos no están trabajando, no se encuentran totalmente apagados y por ende consumen energía, la cual es relativamente pequeña cuando se contabiliza un solo dispositivo, pero resulta bastante considerable cuando ya se tiene en cuenta todo un sistema de utilización.
- **Utilizar termo eléctrica o el aire acondicionado en zonas donde el clima no lo amerita.** Algunas personas con la finalidad de tener un extremo confort utilizan termos eléctricos o aire acondicionado en zonas de clima templado. Esto ocasiona un consumo energético innecesario.
- **Tener equipos eléctricos encendidos innecesariamente.** Tener equipos eléctricos encendidos innecesariamente tales como artefactos domésticos (televisión, equipo de sonido, computadora, etc.) que no se estén utilizando y luminarias encendidas en lugares que no requieren iluminación ocasiona un desperdicio de energía ocasionando así un consumo de energético innecesario.

b) En las oficinas

- **Tener equipos eléctricos encendidos innecesariamente.** Tener equipos eléctricos encendidos innecesariamente tales como computadoras, aires acondicionados u otros artefactos que no se estén utilizando y luminarias encendidas en lugares que no requieren iluminación ocasiona una gran pérdida de energía ocasionan un gran consumo de energía eléctrica de manera innecesaria.
- **Apagar solo el monitor de la computadora.** Si bien el apagar el monitor genera una disminución del consumo energético de la computadora, la computadora sigue consumiendo energía por el CPU.
- **No desconectar la computadora una vez apagada.** Si bien la computadora no está trabajando, como todo equipo electrónico, sigue funcionando y consumiendo energía a pesar que esta supuestamente “apagada”.

c) En las instalaciones industriales

- **Tener equipos eléctricos encendidos innecesariamente.** Tener equipos eléctricos encendidos innecesariamente tales como compresores que no se encuentran trabajando o bombas que no se encuentra bombeando generan consumos de energía innecesarios.

1.5 ¿Qué es la gestión tarifaria eléctrica?

La gestión tarifaria eléctrica es el conjunto de medidas que sirven para poder realizar una adecuada gestión en los costos por consumo de energía y potencia eléctrica.

Todos estos conjuntos de procesos se llevan a cabo durante toda la vida útil del sistema eléctrico de utilización. Teniendo una adecuada gestión energética pero una mala gestión tarifaria se puede perder mucho dinero, ya que por puntos como una mala selección de la tarifa o un error en la medición de los parámetros eléctricos los costos se puede variar enormemente el pago por consumo de energía eléctrica consumiendo una misma cantidad de energía.

Para poder realizar una adecuada gestión tarifaria eléctrica se debe considerar los siguientes puntos:

- a) Evaluación de la correcta facturación.
- b) Evaluación del contrato de energía eléctrica.
- c) Gestión de los consumos de energía y de potencia.

Estos tres puntos se estudiarán a continuación.

1.5.1 Evaluación de la correcta facturación

Aunque la evaluación de la correcta facturación no brinda un ahorro económico, si puede evitar un pago incorrecto y por ende no deseable. Los pasos a seguir son los siguientes:

- **Verificar el factor de medición presentado en el recibo de energía eléctrica corresponde a los factores de conversión de los instrumentos de medición utilizados.** Se debe verificar en el caso de las mediciones de baja tensión que la relación de transformación de los transformadores de corriente y en el caso de las mediciones en media tensión de los trafomix (transformadores mixtos de tensión y corriente) presentan relaciones de transformación que corresponden al factor de medición indicado en el recibo de energía eléctrica.
- **Contrastar las lecturas del medidor de la empresa suministradora de energía eléctrica.** Para esto se deberá hacer uso de otro medidor instalado por el usuario previamente contrastado y certificado. Debido a que usualmente la medición para grandes usuarios se hace mediante el uso de trafomix y el costo de uno de éstos es elevado, se recomienda realizar la medición en baja tensión y considerar un 2.5% adicional por las pérdidas en el transformador. Dicho porcentaje se ha obtenido del artículo 4.1 de [6]. Mejor dicho, se tendrá que afectar la medición realizada en baja tensión por un factor igual a 1.025 para tener un valor en media tensión.

- **Realizar el cálculo de la facturación de manera manual.** De esta manera se pueda contrastar con lo indicado por la empresa suministradora de energía eléctrica. Para esto, se debe de utilizar los costos unitarios indicados por Osinerming en su página web. En caso haya error en la facturación realizar el reclamo respectivo.

1.5.2 Evaluación del contrato de suministro de energía eléctrica

La evaluación del contrato de energía eléctrica es un punto sumamente importante. Este contrato define los costos de energía y potencia en las diferentes horas y estaciones del año y las cláusulas respectivas con las que se puede gestionar la energía con la finalidad de presentar un menor costo. Una mala gestión del contrato de energía eléctrica puede traer consigo el tener que cubrir costos de energía eléctrica altos pudiendo no haber sido así si se hubiese realizado una buena gestión.

Los puntos a tener en cuenta a la hora de evaluar el contrato de energía eléctrica son los siguientes:

- a) El tipo de usuario.
- b) La tensión de suministro.
- c) La tarifa a acogerse (en caso de ser un Usuario Regulado).

a) Tipo de usuario

Existen dos tipos de usuarios en el Perú según el Reglamento de Usuarios Libres de Electricidad: Usuario Libre y Usuario Regulado. Dicho reglamento fue aprobado mediante Decreto Supremo No. 022-2009-EM y publicado en el Diario oficial El Peruano el 16 de abril del 2009 y entró en vigencia a partir del 17 de abril del 2009.

Cada uno de los usuarios es definido en el artículo 1 del Reglamento de Usuarios Libres de la siguiente manera:

1. **Usuario Libre:** usuario conectado al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional no sujeto a regulación de precios por la energía o potencia que consume.
2. **Usuario Regulado:** usuario sujeto a regulación de precio por la energía o potencia que consume.

La condición de Usuario Libre o Usuario Regulado se detalla en el artículo 3 (Rango de Máxima Demanda) del Reglamento de Usuarios Libres de Electricidad, el cual se reproduce a continuación:

- a) En concordancia con el artículo 2 del Reglamento de la Ley de las Concesiones Eléctricas, los usuarios cuya máxima demanda anual sea igual o menor a 200kW tienen la condición de Usuario Regulado.
- b) Los usuarios cuya máxima demanda anual sea mayor a 200kW hasta 2500kW tiene derecho a elegir entre la condición de Usuario Regulado o de Usuario Libre, cumpliendo con los requisitos y condiciones establecidos en el reglamento.

- c) Los usuarios cuya máxima demanda anual sea mayor a 2500kW tienen la condición de Usuario Libre.

Las variables a tomar en cuenta en el pago de energía eléctrica en el caso de Usuarios Libres son determinadas en el contrato de energía eléctrica que realiza el Usuario Libre con la empresa generadora de energía eléctrica.

En el caso de los Usuarios Regulados, los diferentes conceptos y sus respectivos costos unitarios son determinados por el Osinergmin y son publicados en los pliegos tarifarios presentados en la página web del Osinergmin:

<http://www2.osinerg.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegosTarifariosUsuarioFinal.aspx?Id=200000>.

Estos pliegos tarifarios presentan diferentes precios unitarios por zonas geográficas y fechas de vigencia.

No existe un modelo exacto de un tipo de contrato entre un Usuario libre y una empresa generadora ya que estos tienen muchas variaciones entre los diferentes clientes, los cuales se llevan a cabo en las negociaciones respectivas. Debido a que para que un usuario sea considerado Usuario Libre, se debe tener una máxima demanda anual mayor a 2500kW, la compra de esta energía eléctrica se realiza en media o alta tensión, ya que en baja tensión sería muy caro poder suministrar dicha cantidad de energía eléctrica.

b) Tensión de suministro de energía eléctrica

Para el suministro de energía eléctrica, dependiendo de las redes de distribución aledañas al predio se pueden contemplar un suministro eléctrico en los siguientes rangos:

- **En baja tensión BT (hasta 1kV).** Cuando se tiene un consumo de energía eléctrica bajo y se encuentra una red de distribución secundaria cerca se opta por el suministro en baja tensión. Estos clientes son Usuarios Regulados y están dentro de las tarifas BT. Caso típico es el de una vivienda unifamiliar. Si bien los costos de los Usuarios regulados dentro de las tarifas MT son mas bajas, el costo de inversión es alto y el proyecto no sería económicamente rentable.
- **En media tensión MT (desde 1kV hasta 30kV).** Cuando se tiene un consumo de energía eléctrica mediano o alto y/o el punto de alimentación es alejado se opta por el suministro en media tensión. Estos clientes usualmente son usuarios regulados y se encuentran dentro de las tarifas MT. En este caso se tiene que realizar un costo de inversión por la construcción de la red de distribución primaria y de la SED, pero este proyecto resulta rentable en el tiempo ya que los costos de mantenimiento y de consumo son mucho mas bajos que si se suministrara energía eléctrica en baja tensión. Como ejemplo se tiene el caso de un edificio, de una universidad, de un fundo en el campo, de una pequeña planta de harina, etc.
- **En alta tensión AT (desde 30kV hasta 60kV).** Cuando se trata de un usuario con un gran consumo de energía, como el caso de las grandes plantas industriales que consumen potencia activa en el rango de los MW se opta por el suministro en alta

tensión. Estos clientes son clientes libres ya que como clientes regulados tan solo se contemplan tensiones de suministro hasta de media tensión. Como ejemplo se tiene las empresas Agrícola del Chira y Textil Piura, empresas ubicadas en la región Piura y el resto de mineras ubicadas en el Perú.

- **En muy alta tensión MAT (arriba de 60kV).** Cuando se trata de un usuario con un consumo de energía muy elevado, decenas de MW, siendo el caso principal el de las plantas mineras se opta por el suministro en muy alta tensión. Estos clientes son clientes libres ya que como clientes regulados tan solo se contemplan tensiones de suministro hasta de media tensión. Como ejemplo en la Región Piura se tiene la empresa Vale.

Como criterio general se tiene que siempre la compra de energía eléctrica es mas barata en cuando mayor sea el nivel de tensión en el que se adquiera.

c) **Tarifa a acogerse (en caso de ser un usuario regulado)**

Esta parte corresponde solo si el cliente es un Usuario Regulado. En este caso se tiene diferentes alternativas de elección, dependiendo si el suministro está en baja tensión o media tensión.

En baja tensión se tienen 8 tarifas: BT2, BT3, BT4, BT5A, BT5B, BT5C, BT6, y BT7 mientras que en media tensión se tienen 3 tarifas: MT2, MT3 y MT4.

Cada tarifa tiene diferentes costos unitarios y formas de cuantificar los siguientes parámetros eléctricos: energía activa, energía reactiva y potencia activa.

Dentro de la actividad de ingeniería las tarifas que mas se analizan son las MT ya que corresponden a consumos energéticos mayores, a continuación se procederá a explicar la forma de poder seleccionar de manera adecuada la tarifa eléctrica en diversos escenarios:

- 1) **En el caso se quiera verificar la buena elección de la tarifa eléctrica y en todo caso plantear un cambio de la misma:** en este caso se tienen datos históricos de los consumos energéticos y de potencia del suministro eléctrico mediante los cuales se pueden realizar simulaciones de facturación con cada una de las tarifas y elegir la tarifa que a lo largo del tiempo hubiera presentado menor facturación.
- 2) **En el caso se quiera seleccionar una tarifa para un nuevo suministro eléctrico y se conoce el consumo energético y de potencia que se tendría durante las horas punta y las horas fuera de punta de manera cuantificada:** en este caso se recomienda realizar una simulación de facturación para las diferentes tarifas, seleccionando la que tiene menor costo. Una vez ejecutado el proyecto evaluar a lo largo del tiempo si esta elección fue la correcta y si no fuera así proceder al cambio.
- 3) **En el caso se quiera seleccionar una tarifa para un nuevo suministro eléctrico y no se tiene cuantificado el consumo de energía y de potencia que**

se tendría durante las horas punta y las horas fuera de punta: este es el caso mas común, para este caso se pueden seguir dos caminos:

- 1º. Seleccionar la tarifa que otros sistemas de utilización similares han seleccionado para sí (evaluando si estos suministros tienen la mejor tarifa). Una vez realizado el proyecto se deberá verificar la correcta selección y sinó proceder al cambio.
- 2º. En caso no se disponga de la información de otros sistemas de utilización pero se tiene una idea de los consumos de energía a consumir durante las horas punta y las horas fuera de punta se deberá proceder siguiendo la tabla 1.1 la cual se muestra a continuación.

Tabla 1.1 Tarifas recomendadas dependiendo de la cantidad de energía activa en hora punta (EAHP) y energía activa fuera de hora punta (EAFP) a consumir

EAHP/EAFP	Tarifa recomendada
$< 0,21$	MT2
$0,21 \leq x \leq 0,38$	MT3
$> 0,38$	MT4

Para la obtención de la tabla 1.1 se ha ido simulado ratios de EAHP (energía activa en hora punta) respecto a la EAFP (energía activa fuera de punta) en las diferentes tarifas del pliego tarifario. A su vez se ha ido verificando cuál tarifa presentaba un menor costo respecto al resto. Para esto, se ha tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- El consumo durante hora punta y fuera de hora punta es el mismo y corresponde al consumo de una potencia genérica igual a P kW. Finalmente los resultados estarán en función de una constante que multiplica al valor P.
- Se ha utilizado el pliego tarifario correspondiente al mes de diciembre del 2009 de la Región Piura zona Piura.
- Se ha considerado un mes de 30 días con 5 días domingo y ningún feriado.

Los resultados se muestran en la tabla 1.2 la cual se muestra a continuación.

Tabla 1.2 Resultados de la tarifa que presenta menor costo respecto a los ratios de EAHP / EAFP

EAHP/EAFP	Tarifa recomendada
0,00	MT2
0,01	MT2
0,02	MT2
0,03	MT2
0,04	MT2
0,05	MT2
0,06	MT2
0,07	MT2
0,08	MT2

0,09	MT2
0,10	MT2
0,11	MT2
0,12	MT2
0,13	MT2
0,14	MT2
0,15	MT2
0,16	MT2
0,17	MT2
0,18	MT2
0,19	MT2
0,20	MT2
0,21	MT3
0,22	MT3
0,23	MT3
0,24	MT3
0,25	MT3
0,26	MT3
0,27	MT3
0,28	MT3
0,29	MT3
0,30	MT3
0,31	MT3
0,32	MT3
0,33	MT3
0,34	MT3
0,35	MT3
0,36	MT3
0,37	MT3
0,38	MT3
0,39	MT4
0,40	MT4
0,41	MT4
0,42	MT4
0,43	MT4
0,44	MT4
0,45	MT4
0,46	MT4
0,47	MT4
0,48	MT4
0,49	MT4
0,50	MT4

De la tabla anterior se concluye que cuando se tiene poco consumo de energía activa durante la hora punta se recomienda trabajar con la tarifa MT2, cuando se tiene un

consumo mediano se recomienda trabajar con la tarifa MT3 y cuando se va a tener un gran consumo se recomienda trabajar con la tarifa MT4.

1.5.3 Evaluación de la gestión de los consumos de energía y de potencia

La gestión de los consumos de energía y de potencia hace referencia a la manera de gestionar eficientemente los consumos de energía activa, energía reactiva y potencia activa durante el tiempo que el sistema de utilización eléctrico esté funcionando.

A continuación se explicarán algunos conceptos, extraídos de la norma “Opciones tarifarias y condiciones de aplicación de las tarifas a usuario final” [6], que se utilizan cuando un usuario es Usuario Regulado:

- **Hora punta (HP):** período comprendido entre las 18:00 y 23:00 horas durante todos los días, exceptuando los días domingo y feriados nacionales o regionales.
- **Hora fuera de punta (HFP):** todas las horas que no corresponden a las horas punta.
- **Energía activa (EA):** corresponden al valor de la energía activa en kWh consumida. Si la energía es consumida en hora punta se le conoce como Energía Activa en Hora Punta (EAHP) y si es consumida fuera de hora punta se le conoce como Energía Activa Fuera de Hora Punta (EAFHP).
- **Energía reactiva (ER):** corresponden al valor de la energía reactiva en kVARh consumida. En este caso no existe distinción entre la energía reactiva consumida en hora punta de la consumida fuera de la hora punta. Cabe señalar que no hay pago de energía reactiva hasta un valor en kVAR equivalente al 30% de la energía activa total consumida en el mes. Una vez superado dicho valor, se paga el exceso.
- **Demanda máxima:** valor de potencia activa máxima en un mes en kW. La demanda máxima en hora punta corresponde al valor de potencia activa máxima que se ha dado en todas las horas punta en el mes. La demanda máxima en hora fuera de punta corresponde al valor de potencia activa máxima que se ha dado en todas las horas fuera de punta en el mes. La demanda máxima es el valor de potencia activa máxima que se ha dado en un mes, tanto en hora punta como en horas fuera de punta.
- **Potencia activa de generación (PAG):** es la potencia que se paga a las generadoras por la entrega de la potencia activa en el mes. Le corresponde al valor de la demanda máxima del cliente en el mes. Se mide en kW.
- **Potencia activa de distribución (PAD):** es la potencia que se paga a las empresas distribuidoras por el transporte de energía eléctrica en sus redes. Corresponde al promedio de las dos demandas máximas del cliente durante los últimos 6 meses, contando el mes en facturación. Se mide en kW.

- **Factor de calificación (FC):** es un indicador de si el cliente se encuentra trabajando predominantemente en hora punta o en hora fuera de punta. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$FC = \frac{EAHP}{MD * \text{Cantidad de horas puntas en el mes}}$$

Un cliente es calificado como Cliente en Punta si su FC es ≥ 0.5 y como Cliente Fuera de Punta si su $FC < 0.5$

No existe una “receta mágica” para la totalidad de los casos. La gestión de los consumos de energía y de la potencia merece un estudio minucioso dependiendo de la tarifa que se ha elegido y del tipo de carga con la que se trabaja. Por ejemplo, no es lo mismo trabajar con una planta que tiene una producción casi constante durante todo el día que otra que prácticamente solo trabaja durante las noches (como por ejemplo algunas plantas pesqueras). De manera general se busca obtener lo siguiente:

- **La demanda máxima sea la menor posible.** Para lograr esto es importante coordinar el encendido de cargas, estando preestablecido los momentos en los que se deba encender dichas cargas. Además se recomienda constante monitoreo on-line de la demanda máxima con la finalidad de evitar picos indeseables. El aumento de la demanda máxima repercute de manera perjudicial en la PAG y en la PAD ya que a mayor consumo el pago en este rubro aumenta.
- **Ser calificado como cliente fuera de punta.** Para esto se busca consumir la menor cantidad de energía activa en hora punta de manera que una vez calculado el factor de calificación se tenga un valor menor a 0.50 y así ser calificado como un cliente fuera de punta. Se deberá tener en cuenta también el valor de la demanda máxima a la hora de calcular el factor de calificación ya que el decrecimiento de ésta implica un aumento en el mismo.

Para disminuir el consumo de energía activa en hora punta existen tres opciones: autogenerar energía eléctrica durante esas horas (lo cual dependiendo de la potencia y del tiempo puede ser bastante costoso), coordinar una desconexión o disminución del consumo de cargas que no necesariamente deben de trabajar durante este período o trasladar la carga que debe de trabajar durante este período a otro suministro (obviamente si esta opción es posible).

- **Eliminar el exceso de energía reactiva.** Para esto se debe compensar la energía reactiva necesaria para obtener que la energía reactiva que se consume de la red eléctrica es igual o menor al 30% de la potencia activa.

Capítulo 2

Auditoría de ahorro energético al sistema eléctrico de la Universidad de Piura – Campus Piura

2.1 Introducción

En el presente capítulo se describirá una auditoría energética cuyo fin es presentar alternativas para poder lograr un ahorro de energía. La auditoría de ahorro energético se realizó al sistema de utilización eléctrico de la Universidad de Piura – Campus Piura. En el capítulo 3 se desarrollará una evaluación económica de las medidas recomendadas en el presente capítulo para determinar la rentabilidad de ejecutar dichas medidas.

2.2 Descripción de la situación actual

2.2.1 Introducción

En la presente sección se presenta una descripción del estado situacional del suministro eléctrico de la Universidad de Piura – Campus Piura que comprende:

- Descripción del usuario: en esta parte se describe el tipo de usuario con el que se va a trabajar ya que de ello depende la forma que se consumirá energía eléctrica durante el día.
- Descripción de los suministros eléctricos: en esta parte se describe los diferentes suministros eléctricos del campus.
- Descripción de la compensación de energía reactiva: en esta parte se describe la situación de la compensación de energía reactiva presente en el campus.
- Descripción de las cargas eléctricas: en esta parte se describe las principales cargas eléctricas que presenta la Universidad de Piura.

2.2.2 Descripción del usuario

El usuario presenta las siguientes características:

- | | |
|---|---|
| - Rubro de negocio | Enseñanza universitaria. |
| - Horario de trabajo | Desde las 7:00 horas hasta las 21:00 horas. |
| - Ubicación geográfica | En la ciudad de Piura, departamento de Piura. |
| - Tipo de clima | Clima caluroso durante el verano y templado durante el invierno. |
| - Tiempo de operación del sistema eléctrico | Durante todo el día |
| - Otras características | Toda la universidad se encuentra centralizada en un campus universitario. |

2.2.3 Descripción de los suministros de energía eléctrica

En la Universidad de Piura se posee cuatro (4) suministros eléctricos, todos ellos en media tensión. A continuación se describirá cada uno de ellos. Se le ha nombrado a cada suministro mediante una letra con la finalidad de tener una mayor facilidad en la identificación de cada uno. Estos suministros son:

- **Suministro A:** alimenta a las SED 10 y SED 12
- **Suministro B:** alimenta a la SED Edificio de Gobierno
- **Suministro C:** alimenta a la SED Edificio de Educación
- **Suministro D:** alimenta a la SED Radar

En el anexo B se muestran los diferentes consumos de energía y de potencia presentados por los cuatro (4) suministros desde el año 2005 hasta el 2008 en la mayoría de los meses. Esta información ha sido entregada por la oficina de mantenimiento de la Universidad de Piura.

A continuación se presentará una descripción de cada uno de los suministros.

a) Suministro A

Su acometida es una red de distribución primaria aérea. Alimenta a dos subestaciones de distribución (SED 10 y a la SED 12) para las cuales se realiza una “bajadas”subterráneas. Su punto de diseño se encuentra ubicado al costado de la puerta “Vicús” del campus. Su tensión nominal fase-fase es 10kV a 60 Hz. Su medición es realizada en media tensión, para lo cual utilizar un trafomix ubicado en el punto de diseño. A continuación se realizará una descripción de cada una de las subestaciones.

Subestación 12

Esta subestación presenta las siguientes características:

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| • Ubicación | Al costado del edificio IME |
| • Tipo | Caseta a nivel |
| • Potencia de transformación | 200kVA |
| • Tensión primaria | trifásica a 10 kV |
| • Tensión secundaria | trifásica a 0.23kV |
| • Esquema de conexión a tierra | IT |
| • Tipo de ingreso a la SED | Subterráneo |

- Disponibilidad del neutro Ninguna
- Cargas que alimenta Edificio IME, Centro de Idiomas y Edificio de la ETS.
- Situación de la autogeneración Presenta un grupo electrógeno de 75 kW, 220V, $\text{fp}=0.8$ y 60Hz, ubicado en la caseta de la SED 10

La fachada de la SED 12 se muestra en la figura 2.1 la cual se muestra a continuación.

✓ Figura 2.1 **Fachada de la SED 12**



Subestación 10

Esta subestación presenta las siguientes características:

- Ubicación Al costado del tanque elevado
- Tipo Caseta a nivel
- Potencia de transformación 250kVA
- Tensión primaria trifásica a 10 kV
- Tensión secundaria trifásica a 0.23kV
- Esquema de conexión a tierra IT
- Tipo de ingreso a la SED Subterráneo mediante conductor N2XSY
- Disponibilidad del neutro Ninguna
- Cargas que alimenta Edificio principal, edificio 80, Biblioteca, CUM, Edificio Hidráulica, iluminación

- exterior de proscenio, iluminación exterior camino a Química, Iluminación pública Edificio Química, oficinas de Mantenimiento, almacén y Ermita.
- Situación de la autogeneración Presenta un grupo electrógeno de 160 kW, 220V, $fp=0.8$ y 60Hz, ubicado en la caseta de la SED 10

La fachada de la SED 10 se muestra en la figura 2.2 la cual se muestra a continuación.

✓ Figura 2.2 **Fachada de la SED 10**



El suministro A cuenta con un trafomix que presenta los siguientes parámetros:

- Relación de transformación en el transformador de tensión: 10/0.22 kV
- Relación de transformación en el transformador de corriente: 40/5 A

b) Suministro B

Su acometida es una red de distribución primaria subterránea. Alimenta a la subestación Edificio de Gobierno. Su punto de diseño se encuentra ubicado en la avenida Sullana. Su tensión nominal fase-fase es 10kV a 60 Hz. Su medición es realizada en media tensión, para lo cual utiliza un trafomix ubicado dentro de la caseta. A continuación se realizará una descripción de la subestación de distribución Edificio de Gobierno.

Subestación Edificio de Gobierno

Esta subestación presenta las siguientes características:

- Ubicación Al costado del Edificio de Gobierno
- Tipo Caseta a nivel
- Potencia de transformación 200kVA
- Tensión primaria trifásica a 10 kV
- Tensión secundaria trifásicas a 0.23kV
- Esquema de conexión a tierra IT
- Tipo de ingreso a la SED Subterráneo
- Disponibilidad del neutro Ninguna
- Cargas que alimenta Edificio de Gobierno
- Situación de la autogeneración Presenta un grupo electrógeno de 50 kW, 220V, $\text{fp}=0.8$ y 60Hz, ubicado en la caseta de la SED de Edificio de Gobierno.

La fachada de la SED Edificio de Gobierno se muestra en la figura 2.3 la cual se muestra a continuación.

✓ Figura 2.3 Fachada de la SED Edificio de Gobierno



El suministro B cuenta con un trafomix que presenta los siguientes parámetros:

- Relación de transformación en el transformador de tensión: 10/0.22 kV
- Relación de transformación en el transformador de corriente: 15/5 A

c) Suministro C

Su acometida es una red de distribución primaria subterránea. Alimenta a la subestación Edificio de Educación. Su punto de diseño se encuentra ubicado en la

avenida Sullana. Su tensión nominal fase-fase es 10kV a 60 Hz. Su medición es realizada en media tensión, para lo cual utiliza un trafomix ubicado dentro de la caseta de la SED Edificio de Gobierno. Su seccionamiento se encuentra también ubicado en la caseta de la SED Edificio de Gobierno. A continuación se realizará una descripción de la subestación de distribución Edificio de Educación.

SED Edificio de Educación

Esta subestación presenta las siguientes características:

- | | |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| • Ubicación | Al costado del Edificio de Educación |
| • Tipo | Compacta a nivel |
| • Potencia de transformación | 200kVA |
| • Tensión primaria | trifásica a 10 kV |
| • Tensión secundaria | trifásica a 0.23kV |
| • Esquema de conexión a tierra | TT |
| • Tipo de ingreso a la SED | Subterráneo |
| • Disponibilidad del neutro | Se presenta disponible y aterrado |
| • Cargas que alimenta | Edificio de Educación |
| • Situación de la autogeneración | No presenta autogeneración |

La fachada de la SED Edificio de Educación se muestra en la figura 2.4 la cual se muestra a continuación.

✓ **Figura 2.4 Fachada de la SED Edificio de Educación**



El suministro C cuenta con un trafomix que presenta los siguientes parámetros:

- Relación de transformación en el transformador de tensión: 10/0.22 kV
- Relación de transformación en el transformador de corriente: 15/5 A

d) Suministro D

Su acometida es una red de distribución primaria aérea. Alimenta a la subestación Radar. Su punto de diseño se encuentra ubicado en la Urb. Laguna del Chipe. Su tensión nominal fase-fase es de 10kV a 60 Hz. Su medición es en baja tensión ubicado aguas abajo del transformador. A continuación se realizará una descripción de la subestación de distribución Radar.

SED Radar

Esta subestación presenta las siguientes características:

- Ubicación Cerca a la laguna de oxidación
- Tipo Aérea monoposte
- Potencia de transformación 50kVA
- Tensión primaria monofásica a 10 kV
- Tensión secundaria monofásica a 0.23kV
- Tipo de ingreso a la SED Aéreo
- Cargas que alimenta Equipos del radar
- Situación de la autogeneración Presenta un grupo electrógeno de 15 kW, 220V, $\text{fp}=0.8$ y 60Hz, ubicado en una caseta ubicada debajo de la SED monoposte.

La SED Edificio de Educación se muestra en la figura 2.5 la cual se muestra a continuación.

✓ Figura 2.5 **Fachada de la SED Radar**



El suministro D presenta un sistema de medición en baja tensión. Para esto utiliza transformadores de corriente que presenta los siguientes parámetros:

- Relación de transformación en el transformador de corriente: 50/5 A

2.2.4 Descripción de la compensación de energía reactiva

La compensación de la energía reactiva se tiene que realizar mediante el uso de banco de condensadores. Solo la SED 10 y en la SED Edificio de Gobierno tienen banco de condensadores instalados. A continuación se presenta una descripción de la compensación de la energía reactiva en cada una de las SED:

a) Compensación en SED 10

La compensación de energía reactiva en la SED 10 se realiza mediante un banco de condensadores instalado en el año 2004 y presenta las siguientes características:

- Potencia reactiva instalada 72kVAR
- Potencia reactiva operativa 36kVAR
- Potencia reactiva por banco 12kVAR
- Cantidad de bancos instalados 6
- Cantidad de bancos operativos 3
- Tensión de trabajo trifásica 230V
- Frecuencia de trabajo 60 Hz
- Tipo de regulación Fija
- Observaciones En un comienzo la regulación era semiautomática, sin embargo esto dejó de ser así cuando tres bancos de condensadores salieron de servicio por fallas en los mismo.

El banco de condensadores ubicado en la SED 10 se muestra en la figura 2.6 la cual se muestra a continuación.

✓ Figura 2.6 Banco de condensadores de la SED 10



b) Compensación en la SED Edificio de Gobierno

La compensación de energía reactiva en la SED Edificio de Gobierno se realizar mediante un banco de condensadores que presenta las siguientes características:

- Potencia reactiva instalada 12kVAR
- Potencia reactiva operativa 12kVAR
- Potencia reactiva por banco 12kVAR
- Cantidad de bancos instalados 1
- Cantidad de bancos operativos 1
- Tensión de trabajo trifásica 230V
- Frecuencia de trabajo 60 Hz
- Tipo de regulación Fija

El banco de condensadores ubicado en la SED 10 se muestra en la figura 2.7 la cual se muestra a continuación.

✓ Figura 2.7 Banco de condensadores de la SED Edificio de Gobierno



2.2.5 Descripción de las principales cargas eléctricas

Se realizó un levantamiento de información de las principales cargas eléctricas de la Universidad de Piura durante el año 2008, el cual se muestra a detalla en el anexo A. A continuación se detallan las principales cargas:

- a) **Iluminación de edificios:** contempla la iluminación interior (oficinas y aulas) y exterior (de los pasadizos) de los edificios. Durante casi la totalidad del horario de enseñanza la iluminación interior se encuentran encendida ya que es necesaria para el desarrollo de las actividades de enseñanza y administrativas. La iluminación exterior entra en servicio durante unas pocas horas de la noche. Casi en su totalidad la iluminación de edificios está compuesta por lámparas fluorescentes. Para poder cuantificar la demanda máxima de cada circuito de iluminación se encendieron todas las lámparas y se procedió a medir su consumo eléctrico mediante un analizador de redes portátil. Los resultados de estas mediciones en los diferentes circuitos se muestran en el Anexo A. Se tiene un valor de 198.68 kW como consumo por iluminación de edificios. En una semana promedio, la iluminación de edificios está encendida de lunes a viernes desde las 7am hasta 9pm (14 horas) y el día sábado de 7am hasta la 1pm (6 horas), de lo que se llega a tener en promedio 76 horas por semana.
- b) **Iluminación pública:** contempla toda la iluminación que se encuentra ubicada en los diferentes caminos del campus y que no pertenecen al sistema de iluminación exterior de los edificios. Este sistema de iluminación consta de circuitos individuales a lo largo de todo el campus. Todo el circuito de iluminación pública entra en servicio a la vez y durante toda la noche. Este circuito está compuesto por reflectores y lámparas del tipo honguito. Para la medición del consumo eléctrico se ha procedido a realizar la medida individual del consumo de cada lámpara, utilizando para este caso vatímetros. Los resultados finales de estas mediciones en cada uno de los circuitos se muestran en el Anexo A. Se obtuvo un valor de 38.79kW como consumo por iluminación pública en el campus. En una semana promedio, la iluminación de edificios está encendida desde las 6:30pm hasta las 6:30am del día siguiente (12 horas) de lunes a domingo. De esto se tiene en promedio 84 horas por semana.
- c) **Equipos de aire acondicionado:** contempla los equipos de aire acondicionado más representativos del campus (los que tienen mayor potencia) y corresponden a los aires acondicionados de los auditorios de cada edificio. La medición de cada equipo se ha realizado de manera individual mediante un analizador de redes portátil. Los resultados de estas mediciones en cada uno de los aires acondicionados se muestran en el Anexo A. Para este caso se tiene un valor total en el campus de 62.33kW como consumo por aires acondicionados. En una semana promedio, los aires acondicionados están encendidos desde las 8am hasta la 1pm y de 4pm a 9pm (10 horas) de lunes a sábado, lo cual nos da en promedio 60 horas por semana.
- d) **Computadoras:** contempla todas las computadoras presentes en el campus. La medición ha sido individual en cada equipo cuando se encontraba en un estado de encendido completo y se ha realizado mediante vatímetros. Los resultados de las mediciones del consumo total de las computadoras por edificio se muestran en el Anexo A. Se tuvo un valor total en el campus de 38kW. En una semana promedio, las computadoras trabajan de 8am hasta la 1pm (de lunes a sábado) y de 4pm hasta las 7pm (de lunes a viernes), lo que hace un promedio de 45 horas por semana.

- e) **Bomba sumergible:** esta bomba sumergible es la bomba más grande del campus y alimenta de agua al tanque elevado, el cual a su vez proporciona del líquido elemento a todo el campus. Ésta bomba se encuentra ubicada a espaldas de la SED 10. Existen otras bombas centrífugas que por su despreciable potencia no han sido tenidas en cuenta. La bomba trabaja en cualquier horario del día. La medición de su potencia se ha realizado mediante un analizador de redes portátil. El resultado de la medición se muestra en el anexo A y se tiene un consumo promedio de 23kW. Según registros de funcionamiento del personal de mantenimiento la bomba trabaja en promedio 10 horas por día, lo que hace que en una semana promedio trabaje 70 horas.
- f) **Equipos del Laboratorio de Mecánica:** corresponde a todos los equipos presentes en el Laboratorio de Mecánica. Los datos de potencia instalada fueron proporcionados por personal de dicho laboratorio. El detalle de la potencia de la potencia instalada estos equipos se muestra en el anexo A y dio 65.8kW. Según datos del personal del Laboratorio de Mecánica, estos equipos tiene un factor de carga igual a 0.80 y un factor de simultaneidad igual a 0.80, lo que nos da un factor de utilización igual a 0.64. De esto se tiene una máxima demanda igual a 42.11kW. Según datos del personal del Laboratorio de Mecánica, estas máquinas trabajan en promedio 5 horas al día de lunes a sábado, lo que hace 30 horas promedio durante una semana.
- g) **Equipos del radar:** corresponde a todos los equipos del radar. Estos equipos se encuentran en funcionamiento prácticamente durante las 24 horas del día. Se ha considerado la demanda máxima registrada por el medidor electrónico de ENOSA desde enero del 2005 hasta diciembre del 2007 como la potencia consumida por los equipos del radar en su totalidad. El detalle de la potencia registrada por ENOSA en diferentes meses se muestra en el anexo A y dio como promedio 6.59kW. Estos equipos trabajan las 24 horas de lunes a domingo, motivo por el cual promedian 168 horas de trabajo durante una semana.

Como resumen de las principales cargas se muestra la tabla 2.1 la cual se muestra a continuación.

✓ Tabla 2.1 **Demanda máxima de las principales cargas eléctricas de la Universidad de Piura – Campus Piura**

Tipo de carga	Demanda máxima (kW)
Iluminación de edificios interior	198.68
Iluminación pública	38.79
Aire acondicionado	62.33
Computadoras	38.00
Bomba sumergible	23.00
Laboratorio de Mecánica	42.11
Radar	6.59

2.3 Selección de las cargas y suministros a evaluar

2.3.1 Introducción

La presente sección tiene como objetivos la selección de la(s) carga(s) presentadas en la sección 2.2.5 sobre la cual se enfocará la optimización de su funcionamiento y la selección del(os) suministro(s) sobre el (los) se desarrollará el estudio tarifario presentados en la sección 2.2.3. Se debe buscar la(s) carga(s) y el(los) suministro(s) más representativo(s) de la Universidad de Piura – Campus Piura para así presentar un trabajo focalizado y por ende llegar a una alta eficacia y eficiencia en la implementación de las mejoras.

2.3.2 Selección de las cargas a evaluar

En esta parte se busca seleccionar la carga eléctrica más representativa de la Universidad de Piura. Para poder hallarla se deberá determinar cuál de las cargas indicadas en el punto 2.2.5 consume más energía en una semana promedio. No se realizará la comparación entre potencias ya que no todas las cargas trabajan la misma cantidad de tiempo, pudiendo una carga tener una potencia considerable respecto a las otras, pero un consumo energético despreciable cuando se tiene en cuenta el tiempo que trabaja o viceversa. Se ha considerado unas horas de trabajo promedio para cada carga. En la tabla 2.2 se puede ver los consumos de energía de las cargas eléctricas representativas de la Universidad de Piura - Campus Piura.

✓ Tabla 2.2 Consumos de energía en kWh de las cargas eléctricas representativas de la Universidad de Piura – Campus Piura

Tipo de carga	Potencia (kW)	Horas trabajadas en una semana	Energía consumida en la semana (kWh)	Porcentaje del total (%)	Factibilidad de cambio por equipos mas eficientes
Iluminación de edificios	198.68	76	15 099	54.34%	Factible debido a que las luminarias iniciales ya ha cumplido su tiempo de vida útil y se debe de realizar la renovación de las mismas. Así mismo, por el consumo energético presentado si compensa la renovación de estos equipos por otros de mayor eficiencia.

Iluminación pública	38.79	84	3 258	11.73%	Factible debido a que las luminarias iniciales ya ha cumplido su tiempo de vida útil y se debe de realizar la renovación de las mismas. Así mismo, por el consumo energético presentado si compensa la renovación de estos equipos.
Aires acondicionados	62.33	60	3 739	13.46%	No es factible ya que la optimización de su consumo energético no amerita la renovación de los mismos.
Computadoras	38	45	1 710	6.15%	Factible debido a que los equipos iniciales ya ha cumplido su tiempo de vida útil y se debe de realizar la renovación de las mismas. Sin embargo, para la renovación de las computadoras no es necesario ningún proyecto, ya que esto se realiza de manera natural en la universidad por requerimiento mismo de los usuarios. Esto corre por cuenta de cada facultad o centro de dependencia.

Bomba sumergible	23	70	1 610	5.79%	No es factible ya que la optimización de su consumo energético no amerita la renovación de los mismos.
Laboratorio de Mecánica	42.11	30	1 263	4.55%	No es factible ya que estos equipos son muy especializados y el encontrar equipos con mayores eficiencias sería muy difícil. Así mismo el ahorro que se tendría no ameritaría la renovación de los mismos.
Radar	6.59	168	1 107	3.98%	No es factible ya que estos equipos son muy especializados y el encontrar equipos con mayores eficiencias sería muy difícil. Así mismo el ahorro que se tendría no ameritaría la renovación de los mismos.

Analizando la tabla 2.2 se deduce que la carga a tener en cuenta es la iluminación de edificios ya que representa el 54.34% de la carga de energía eléctrica del campus. Así mismo, este tipo de cargas presenta un fácil aumento del rendimiento con los avances luminotécnicos que se han logrado últimamente.

2.3.3 Selección del suministro a evaluar

En esta sección se busca seleccionar el suministro eléctrico más representativo de la Universidad de Piura, el cual tendrá mayor facturación y por ende mayor consumo de

energía eléctrica. Se sabe por experiencia que la componente energía predomina sobre las demás componentes del pliego tarifario en el caso de cargas que trabajan gran cantidad de tiempo durante el día, como es este caso. Para poder discernir correctamente se procedió a promediar todos los consumos energéticos desde enero del 2005 hasta diciembre del 2007, en los suministros y meses de los cuales se ha tenido información. En el anexo B se detallan todos los parámetros eléctricos de los cuatro suministros a lo largo del tiempo y el detalle de la comparación de los consumos eléctricos se pueden ver en el anexo C cuyos resultados se muestran en la tabla 2.3. Los datos del anexo B se han obtenido de los recibos de energía eléctrica proporcionados por la oficina de mantenimiento de la Universidad de Piura, no se contó con las facturas de todos los meses y por ende se ha tenido que realizar el promedio del consumo energético con los meses que tenían información.

✓ Tabla 2.3 **Consumos de energía activa en MWh de cada uno de los suministros eléctricos de la Universidad de Piura – Campus Piura**

Suministro	Energía activa consumida por mes (MWh)	Porcentaje del total (%)
A	95.19	84.59%
B	9.59	8.52%
C	5.70	5.06%
D	2.05	1.82%

Analizando la tabla 2.3 se deduce que el suministro que se debe de evaluar es el suministro A ya que es el que mayor consumo energético presenta.

2.4 Evaluación de la carga crítica

2.4.1 Introducción

En el punto 2.3.2 se seleccionó a la iluminación de edificios como carga crítica a optimizar para aumentar la eficiencia energética del campus. En la presente sección se realizará una descripción del tipo de iluminación de edificios utilizada, se evaluará la misma y se realizarán las recomendaciones respectivas.

2.4.2 Descripción del tipo de iluminación de edificios

Realizando una inspección en todos los edificios se puede ver lo siguiente:

- Con excepción al ingreso de la Biblioteca y a los pasadizos del Edificio de Gobierno toda la iluminación de edificios, tanto de la parte de oficinas, de aulas o de pasadizos se realiza mediante lámparas fluorescentes T-12 convencionales de 36 W. Cabe indicar que la iluminación al ingreso a la Biblioteca y los pasadizos del Edificio de Gobierno consumen una potencia igual a 10kW (3kW consume la iluminación al ingreso de la Biblioteca y 7kW consume la iluminación de los pasadizos del Edificio de Gobierno), lo que representa el 5% de la iluminación de edificios. De esto se concluye que el 95% de la carga de iluminación de edificios corresponde a lámparas fluorescentes de 36W.

- De acuerdo a datos entregados por la Oficina de mantenimiento de la Universidad de Piura se sabe que el 98% de la iluminación mediante tubos fluorescentes de los edificios presenta balastos convencionales, mientras que solo el 2% restante utiliza balastos electrónicos.
- En varios sitios se tienen luminarias con poco mantenimiento, por lo que dichas luminarias ofrecen una pobre iluminación.
- La mayoría de los fluorescentes se encuentran instalados dentro de una pantalla que se ensucia fácilmente y que no permite ofrecer una buena iluminación, sobre todo cuando se encuentran sucios.

2.4.3 Evaluación de la iluminación de edificios

De acuerdo a lo descrito en el ítem 2.4.2 y asumiendo que se ha realizado un buen diseño luminotécnico se concluye lo siguiente:

- Se está dejando de ahorrar energía ya que se están utilizando balastos convencionales.
- Se está dejando de ahorrar en costos de renovación de tubos fluorescentes, ya que el uso de balastos electromagnéticos o convencionales originan un tiempo de vida útil en los tubos fluorescentes mucho menor al que se tiene cuando se utilizan balastos electrónicos.
- Se está dejando de ahorrar energía eléctrica ya que se están utilizando tubos fluorescentes del tipo T-12 de 36W cada uno, mientras que en el mercado existen tubos fluorescentes del tipo T-8 de 32W que tienen igual flujo luminoso.
- No se tiene un adecuado mantenimiento a los fluorescentes.

2.4.4 Recomendaciones

De acuerdo a lo descrito en el ítem 2.4.3 se recomienda lo siguiente:

- Cambiar todos los balastos convencionales por balastos electrónicos.
- Cambiar todos los tubos fluorescentes del tipo T-12 de 36W al tipo T-8 de 32W.
- Mejorar el plan de mantenimiento de los fluorescentes. Esto implica la limpieza de las pantallas con un menor período y un cambio de los tubos fluorescentes con un mayor período (asumiendo que se cambian todos los balastos convencionales por balastos electrónicos).

La evaluación económica de las medidas antes descritas se desarrollará en el capítulo 3.

2.5 Evaluación tarifaria del suministro eléctrico A

2.5.1 Introducción

En la presente sección se realizará una evaluación tarifaria del suministro eléctrico A, la cual se realizará bajo los siguientes puntos:

- Evaluación de la correcta facturación.
- Evaluación del contrato de suministro de energía eléctrica.
- Evaluación de los consumos de energía y de potencia.

2.5.2 Evaluación de la correcta facturación

La evaluación del suministro eléctrico A se ha llevado a cabo bajo los siguientes criterios:

- Verificación del correcto factor de medición.
- Verificación de los consumos facturados por ENOSA.
- Verificación de la correcta facturación.

1. Verificación del correcto factor de medición

El factor de medición del suministro A es 363.6364.

Los parámetros del trafomix son los siguientes:

- Transformador de tensión: 10/0.22 kV
- Transformador de corriente: 40/5 A

Por ende el factor de medición que se debería tener es:
 $(10/0.22) \times (40/5) = 363.6364$.

De esta manera se verifica que el factor de medición es correcto.

2. Verificación de los consumos facturados por ENOSA

En esta sección se verificará que los consumos facturados por ENOSA hayan sido correctos. Esto se realizará comparando los consumos indicados por el contador de energía eléctrica instalado por ENOSA. Esta información ha sido descargada por la oficina de mantenimiento de la Universidad de Piura durante un período de tiempo limitado, motivo por el cual tan solo se podrá realizar la comparación durante unos cuantos meses. Los valores medidos por el contador de energía en el suministro A se muestran en el anexo D. En el anexo E se puede ver la comparación realizada en cada uno de estos meses. Analizando estos resultados se llega a lo siguiente:

- La mayoría de veces se presenta un error prácticamente nulo o negativo lo que quiere decir que se ha cuantificado menos potencia o energía del valor que correspondía. El valor mínimo que se ha presentado es de -5.85%.

- Pocas veces se ha presentado un error positivo, siendo su valor máximo el de 2.42%.

De lo anterior se concluye que los consumos contabilizados por ENOSA para la facturación son correctos.

3. Verificación de la correcta facturación

En la anterior sección se comprobó que el factor de medición y los consumos considerados por ENOSA en la facturación eléctrica son correctos. Ahora corresponden corroborar que se ha realizado una adecuada facturación a lo largo de los meses.

En el anexo F se muestran los costos unitarios de las diferentes tarifas MT desde el mes de noviembre del 2005 hasta el mes de julio del 2008. Se han considerado los pliegos tarifarios solo en este período de tiempo debido a los siguientes motivos:

- Desde noviembre del 2005 debido a que desde este mes los pliegos tarifarios poseen los conceptos que actualmente se utilizan. Antes de este mes se tenían diferentes conceptos.
- Hasta julio del 2008 debido a que hasta este mes se tienen datos de los recibos de energía eléctrica en el suministro A.

Con la finalidad de comprobar la correcta facturación se ha realizado simulaciones de facturación a lo largo del tiempo considerando la tarifa MT3 (tarifa que presentaba el suministro A), lo cual se puede ver en el anexo G. En la tabla 2.4 se puede ver las comparaciones realizadas entre el pago que se debió haber realizado y lo que efectivamente se realizó.

- ✓ Tabla 2.4 **Comparación entre los pagos realizados y lo que se debió haber realizado en el suministro y del factor de calificación calculado y con el que se facturó a lo largo del tiempo**

Mes	Pago calculado	Pago realizado	FC calculado	FC facturado	Error de facturación S/.	Error de facturación %
nov-05	30086	23958	HP	FP	-6129	-20,37%
dic-05	24280	24169	HP	HP	-110	-0,45%
ene-06	26121	21039	HP	FP	-5083	-19,46%
feb-06	24635	24665	HP	HP	30	0,12%
mar-06	31210	24816	HP	FP	-6394	-20,49%
abr-06	31336	24206	HP	FP	-7130	-22,75%
may-06	32568	26863	HP	FP	-5704	-17,52%
jun-06	24666	19384	HP	FP	-5282	-21,42%
jul-06	22973	19026	HP	FP	-3947	-17,18%

ago-06	24984	20474	HP	FP	-4510	-18,05%
sep-06	27620	27612	HP	HP	-8	-0,03%
oct-06	30929	24880	HP	FP	-6049	-19,56%
nov-06	28269	22686	HP	FP	-5583	-19,75%
dic-06	19301	19301	FP	FP	0	0,00%
ene-07	18406	18406	HP	HP	0	0,00%
feb-07	22599	22599	HP	HP	0	0,00%
mar-07	28585	23402	HP	FP	-5183	-18,13%
abr-07	27397	22187	HP	FP	-5209	-19,02%
may-07	25652	25606	HP	HP	-46	-0,18%
jun-07	25152	21825	HP	FP	-3328	-13,23%
jul-07	21071	18486	HP	FP	-2585	-12,27%
ago-07	23715	23717	HP	HP	2	0,01%
sep-07	24051	24052	HP	HP	0	0,00%
oct-07	22520	23331	HP	HP	811	3,60%
nov-07	23318	23331	HP	HP	13	0,06%
dic-07	15694	15694	FP	FP	0	0,00%
ene-08	21412	21320	HP	HP	-93	-0,43%
feb-08	20996	20928	HP	HP	-68	-0,32%
mar-08	24317	24419	HP	HP	102	0,42%
abr-08	26336	26465	HP	HP	129	0,49%
may-08	23696	23785	HP	HP	89	0,38%
jun-08	23281	23294	HP	HP	13	0,06%
jul-08	21606	21678	HP	HP	71	0,33%

Se puede ver que varias veces ENOSA ha calculado erróneamente el factor de calificación, lo que ha traído consigo un pago menor al que correspondía.

De esto se concluye que si bien no se ha realizado una adecuada facturación, no conviene realizar reclamo alguno ya que de manera general se ha favorecido a la Universidad de Piura. Teniéndose un ahorro neto de S/.71 182 a lo largo de los 33 meses que se ha evaluado la facturación, lo que corresponde a S/.2 157 ahorrado en promedio por mes.

4. Conclusión

Si bien no se ha realizado una correcta facturación, esta conviene a la Universidad de Piura debido a que el error ha sido a su favor.

2.5.3 Evaluación del contrato de suministro de energía eléctrica

Para poder evaluar el contrato de suministro de energía eléctrica se tiene que tener en cuenta los siguientes criterios:

1. Tipo de usuario

Para saber el tipo de usuario que le correspondería ser al suministro A, se debe de evaluar su demanda máxima. En la tabla 2.5 se detallan los valores de demanda máxima de cada uno de los meses desde enero del 2005 hasta julio del 2008.

- ✓ Tabla 2.5 **Valores de demanda máxima del suministro eléctrico A desde enero del 2005 hasta julio del 2008**

Mes	Demanda Máxima (kW)
ene-05	240,06
feb-05	254,17
mar-05	291,85
abr-05	338,40
may-05	315,78
jun-05	334,62
jul-05	331,93
ago-05	322,91
sep-05	336,36
oct-05	283,64
nov-05	324,73
dic-05	258,11
ene-06	281,67
feb-06	274,33
mar-06	349,38
abr-06	387,49
may-06	342,11
jun-06	342,47
jul-06	265,82
ago-06	298,25
sep-06	330,33
oct-06	386,33
nov-06	381,53
dic-06	357,09
ene-07	262,11
feb-07	258,76
mar-07	353,89
abr-07	353,45
may-07	300,58
jun-07	312,29
jul-07	255,56
ago-07	279,64

sep-07	295,64
oct-07	276,55
nov-07	286,36
dic-07	249,16
ene-08	248,73
feb-08	257,78
mar-08	335,35
abr-08	332,95
may-08	304,04
jun-08	316,69
jul-08	279,16

Analizando la tabla 2.5 se puede ver que actualmente este usuario puede elegir entre ser un Cliente Libre o Cliente Regulado ya que siempre ha presentado una demanda máxima mayor a 200kW y por ende su demanda máxima anual seguirá siendo mayor a 200kW. A su vez presenta una demanda máxima bastante baja respecto a los grandes consumidores de energía eléctrica como las grandes plantas de producción, por lo cual no sería un cliente “interesante” para las empresas generadoras de energía eléctrica por lo que los costos de energía eléctrica serían más altos que los que tendría si fuera un Cliente Regulado.

Por lo anterior se recomienda seguir siendo un cliente Regulado.

Debido a esto, el tipo de usuario está bien seleccionado.

2. Tensión de suministro

Ahora bien, en el acápite anterior se determinó que ser Cliente Regulado es la modalidad que le conviene a la Universidad de Piura. Debido a esto, se tiene que elegir entre tener un suministro en media tensión o en baja tensión.

Analizando los dos casos presentes se elige por un suministro en media tensión ya que los costos unitarios son menores y la inversión de una SED se recupera en poco tiempo y es el suministro que actualmente se tiene.

Por lo anterior se concluye que está bien elegido un suministro en media tensión.

3. Tarifa escogida

Una vez seleccionado el Cliente Regulado como tipo de cliente óptimo y tensión de suministro en media tensión, se debe de proceder a elegir la mejor tarifa en MT para el suministro A. Para esto se ha comparado mes por mes, desde el mes de enero del 2005 hasta julio del 2008, la simulaciones de facturación que representaría si el suministro hubiese sido en MT2, MT3 o MT4. En el anexo H se puede ver los costos con cada tarifa incluyendo pago

por alumbrado público, impuestos y pagos por Ley 28749. En la tabla 2.6 se indica la tarifa que presentaría el menor costo por mes.

✓ Tabla 2.6 **Costo en cada una de las tarifas MT (incluye pago por alumbrado público, impuestos y pago por Ley 28749) por mes del suministro A**

Mes	Pago total por MT2 S/.	Pago total por MT3 S/.	Pago total por MT4 S/.	Tarifa con menor costo
nov-05	32078	30086	30215	MT3
dic-05	25811	24280	24385	MT3
ene-06	27358	26121	26246	MT3
feb-06	26334	24635	24756	MT3
mar-06	33373	31210	31398	MT3
abr-06	33846	31336	31471	MT3
may-06	34273	32568	32644	MT3
jun-06	26100	24666	24749	MT3
jul-06	24078	22973	23031	MT3
ago-06	26348	24984	25042	MT3
sep-06	29238	27620	27677	MT3
oct-06	32979	30929	31003	MT3
nov-06	30129	28269	28319	MT3
dic-06	26247	19301	19355	MT3
ene-07	19383	18406	18466	MT3
feb-07	23348	22599	22658	MT3
mar-07	30229	28585	28669	MT3
abr-07	29078	27397	27458	MT3
may-07	26817	25652	25745	MT3
jun-07	25504	25152	25240	MT3
jul-07	21225	21071	21162	MT3
ago-07	24681	23715	23848	MT3
sep-07	25140	24051	24195	MT3
oct-07	23525	22520	22704	MT3
nov-07	24492	23318	23460	MT3
dic-07	19713	15694	15825	MT3
ene-08	22297	21412	21572	MT3
feb-08	21916	20996	21126	MT3
mar-08	25685	24317	24499	MT3
abr-08	27566	26336	26498	MT3
may-08	24380	23696	23865	MT3
jun-08	24048	23281	23437	MT3
jul-08	22258	21606	21869	MT3

Se puede ver en la tabla 2.6 que la tarifa que representaba un menor costo es la MT3 en todos los meses. De acuerdo a esto, se concluye que la selección de la tarifa MT3 es correcta y no debe cambiar.

2.5.4 Evaluación de la gestión de los consumos energéticos y de potencia

Para poder evaluar los consumos de energía y de potencia se deben tener en cuenta los siguientes puntos en ese orden (se ha ordenado de la medida mas fácil a la mas difícil de implementar):

- Compensación de energía reactiva
- Factor de calificación
- Demanda máxima
- Consumos de la energía activa

1. Compensación de energía reactiva

En el anexo G se puede ver que existe exceso de consumo de energía reactiva, el cual en su momento ha sido facturado. En la tabla 2.7 se puede apreciar el costo por exceso de consumo de energía reactiva en S/.

✓ Tabla 2.7 Costo en cada una de las tarifas MT por mes del suministro A

Mes	Exceso de Energía Reactiva (kVARh)	Cargo por Energía Reactiva S/./kVar.h	Pago por Exceso de Energía Reactiva incluido IGV (S/.)
nov-05	37989	0,0420	1899
dic-05	0	0,0437	0
ene-06	0	0,0437	0
feb-06	320	0,0425	16
mar-06	9029	0,0425	457
abr-06	15073	0,0425	762
may-06	26415	0,0426	1339
jun-06	17640	0,0426	894
jul-06	8309	0,0420	415
ago-06	10793	0,0420	539
sep-06	15211	0,0417	755
oct-06	19971	0,0417	991
nov-06	15596	0,0414	768
dic-06	5651	0,0414	278
ene-07	6982	0,0414	344
feb-07	9375	0,0408	455
mar-07	11324	0,0408	550
abr-07	12178	0,0407	590

may-07	17262	0,0403	828
jun-07	42993	0,0403	2062
jul-07	22665	0,0403	1087
ago-07	12905	0,0402	617
sep-07	13607	0,0402	651
oct-07	9113	0,0393	426
nov-07	8425	0,0385	386
dic-07	0	0,0383	0
ene-08	0	0,0382	0
feb-08	0	0,0375	0
mar-08	0	0,0375	0
abr-08	3804	0,0349	158
may-08	11291	0,0361	485
jun-08	19775	0,0366	861
jul-08	15360	0,0379	693

En promedio se ha realizado un pago de S/.585 por cada mes. En la práctica el pago por exceso de energía reactiva se anula fácilmente mediante el uso de banco de condensadores. Debido a esto se procederá a realizar el dimensionamiento del banco de condensadores que se debería utilizar. Para esto se ha considerado lo siguiente:

- El factor de potencia del sistema eléctrico se ha calculado considerando la energía activa total y la energía reactiva ambas medidas por el medidor de ENOSA.
- La medición se ha realizado en la totalidad del suministro A. Esto contempla toda la carga, incluyendo la compensación que se tenía instalada en el suministro A.
- Asumiendo que la carga no presenta un fuerte componente armónico ya que no existen equipos electrónicos importantes, se tiene que el factor de potencia al que debe de llegar el sistema es 0.97. Este factor de potencia es necesario para poder llegar a consumir energía reactiva igual o menos que el 30% de la energía activa total.
- La demanda máxima que se utilizará en el dimensionamiento del banco de condensadores es la demanda máxima que se ha tenido en el mes.

Se realizará el dimensionamiento del banco de condensadores por cada uno de los meses. Esto se muestra en la tabla 2.8. Así mismo, se elegirá la máxima potencia del banco de condensadores.

✓ Tabla 2.8 **Dimensionamiento del banco de condensadores para cada uno de los meses**

Mes	Energía Activa Total (kWh)	Energía Reactiva Total (kVARh)	Factor de potencia calculado	Factor de potencia ideal	Demanda Máxima (kW)	Potencia reactiva necesaria (kVAR)
nov-05	102582	68764	0,83	0,97	324,73	115
dic-05	89236	13600	0,99	0,97	258,11	-26
ene-06	94909	26182	0,96	0,97	281,67	5
feb-06	89964	27309	0,96	0,97	274,33	12
mar-06	115600	43709	0,94	0,97	349,38	39
abr-06	103818	46218	0,91	0,97	387,49	66
may-06	109164	59164	0,88	0,97	342,11	86
jun-06	103745	48764	0,91	0,97	342,47	65
jul-06	84182	33564	0,93	0,97	265,82	34
ago-06	94691	39200	0,92	0,97	298,25	43
sep-06	103964	46400	0,91	0,97	330,33	56
oct-06	115491	54618	0,90	0,97	386,33	75
nov-06	106073	47418	0,91	0,97	381,53	65
dic-06	86618	31636	0,94	0,97	357,09	36
ene-07	93818	35127	0,94	0,97	262,11	28
feb-07	90691	36582	0,93	0,97	258,76	35
mar-07	110618	44509	0,93	0,97	353,89	47
abr-07	102436	42909	0,92	0,97	353,45	52
may-07	101855	47818	0,91	0,97	300,58	57
jun-07	95236	71564	0,80	0,97	312,29	130
jul-07	82145	47309	0,87	0,97	255,56	71
ago-07	94073	41127	0,92	0,97	279,64	46
sep-07	95127	42145	0,91	0,97	295,64	50
oct-07	95564	37782	0,93	0,97	276,55	35
nov-07	93491	36473	0,93	0,97	286,36	35
dic-07	71273	20255	0,96	0,97	249,16	7
ene-08	88727	26218	0,96	0,97	248,73	9
feb-08	85564	23418	0,96	0,97	257,78	4
mar-08	97127	26618	0,96	0,97	335,35	6
abr-08	109018	36509	0,95	0,97	332,95	24
may-08	104909	42764	0,93	0,97	304,04	42
jun-08	98327	49273	0,89	0,97	316,69	69
jul-08	92436	43091	0,91	0,97	279,16	52

Actualmente en la SED se tiene un banco de condensadores fijo de 36kVAR.

Para saber la cantidad de potencia reactiva a aumentar se considerará el valor máximo de potencia reactiva requerida en los últimos 12 meses, lo que corresponde a 69kVAR, comercialmente se tendría un banco de 72kVAR.

Un banco de condensadores automático de 72kVAR de 6 etapas en 230V y 60Hz. Para la instalación se recomienda sintonizar el banco de condensadores a un fp igual a 1, lo cual permitirá compensar la mayor cantidad de energía reactiva y por ende reducir el sobrecalentamiento de los conductores y del transformador.

2. Factor de calificación

El factor de calificación es un parámetro muy importante. En términos generales, un usuario pagará más si califica Presente en Punta que si califica Fuera de Punta. Sin embargo la diferencia entre el pago cuando se encuentra en los dos escenarios no se puede generalizar para todos los casos, ya que esto dependerá del factor de calificación que presente y de la tarifa a la que se haya acogido el usuario. Para ver que tipo de cliente es la Universidad de Piura se presenta en la tabla 2.9 la calificación que ha presentado el suministro A a lo largo del tiempo. Hay que tener en cuenta que el factor de calificación que se ha considerado ha sido el que se ha calculado más no el que se encuentra en los recibos de energía eléctrica, ya que éstos se encuentran errados.

✓ Tabla 2.9 **Factor de calificación calculado del suministro A a lo largo del tiempo**

Mes	Factor de calificación calculado	Tipo de cliente
nov-05	0,58	HP
dic-05	0,62	HP
ene-06	0,59	HP
feb-06	0,63	HP
mar-06	0,54	HP
abr-06	0,54	HP
may-06	0,57	HP
jun-06	0,57	HP
jul-06	0,61	HP
ago-06	0,58	HP
sep-06	0,60	HP
oct-06	0,54	HP
nov-06	0,54	HP
dic-06	0,47	FP
ene-07	0,64	HP

feb-07	0,68	HP
mar-07	0,52	HP
abr-07	0,59	HP
may-07	0,61	HP
jun-07	0,59	HP
jul-07	0,57	HP
ago-07	0,61	HP
sep-07	0,60	HP
oct-07	0,58	HP
nov-07	0,57	HP
dic-07	0,49	FP
ene-08	0,58	HP
feb-08	0,58	HP
mar-08	0,50	HP
abr-08	0,55	HP
may-08	0,57	HP
jun-08	0,58	HP
jul-08	0,53	HP

De los 33 meses evaluados, 31 son meses en los cuales el suministro A de la Universidad de Piura ha sido calificado como Presente en Punta. Además el promedio del factor de calificación de los 33 meses es igual a 0.57, valor alejado al 0.50 que marca la barrera de la calificación Presente en Punta y la calificación Presente Fuera de Punta.

De acuerdo a lo anterior se concluye que este suministro se encuentra calificado como Presente en Punta de manera natural siendo este su comportamiento.

Se recomienda tomar medidas que permitan cambiar la calificación a Presente Fuera de Punta debido a que la facturación sería menor. Así mismo, estas medidas no pueden ser solo de gestión, ya que el factor de calificación no se encuentra cerca al 0.5. Deben tomarse medidas correctivas que ayuden a esto, las cuales se presentan a continuación:

- Migrar parte del circuito de alumbrado público del suministro A al suministro C. La SED del Edificio de Educación se encuentra totalmente aliviado y debido a la cercanía geográfica con el resto del campus se podría realizar esto fácilmente. Esto permitirá un alivio de 34.45kW en el suministro A. La cuantificación del costo de inversión se realizará en el capítulo 3.
- Cambiar todos los balastos convencionales a balastos electrónicos del sistema de iluminación de edificios y cambiar todos los tubos fluorescentes de tubos T-12 a T8. La reducción porcentual que se tendría en el consumo de potencia y energía cuando se cambian el balastro electromagnético a electrónico y los tubos fluorescentes T-12 a T-8 se muestra en la tabla 2.10.

La reducción porcentual que se tendría en el consumo de potencia y energía cuando se cambia los tubos fluorescentes T-12 a T-8 cuando ya se está usando balastos electrónicos se muestra en la tabla 2.11.

En el capítulo 3 se visualizará que estas medidas tienen un efecto económico positivo en la facturación de la Universidad de Piura. Además permitiría calificar al suministro A Fuera de Punta.

✓ Tabla 2.10 **Reducción de consumo de energía activa gracias a los cambios de balastro convencional a electrónico y de tubo T-12 de 36W a T-8 de 34W**

Cargas con balastro convencional y tubo T-12	Potencia (W)
Lámparas (2 lámparas de 36W)	72
Sistema de encendido mediante balastro convencional	20
Total	92

Cargas con balastro electrónico y tubo T-8	Potencia (W)
Lámparas (2 lámparas de 34W)	68
Sistema de encendido mediante balastro electrónico	4
Total	72

% de reducción de consumo	21,74%
---------------------------	--------

✓ Tabla 2.11 **Reducción de consumo de energía activa gracias al cambio de tubo T-12 de 36W a T-8 de 34W cuando ya se usa balastro electrónico**

Cargas con balastro electrónico y tubo T-12	Potencia (W)
Lámparas (2 lámparas de 36W)	72
Sistema de encendido mediante balastro electrónico	4
Total	76

Cargas con balastro electrónico y tubo T-8	Potencia (W)
Lámparas (2 lámparas de 34W)	68
Sistema de encendido mediante balastro electrónico	4
Total	72

% de reducción de consumo	5,26%
---------------------------	-------

Como se tiene que el 95% de la iluminación de edificios se realiza mediante tubos fluorescentes y de estos el 98% carece de sistema de encendido mediante balastos electrónicos, se tiene lo siguiente:

El 93.10% de la carga de iluminación de edificios (aquellos que poseen tubos fluorescentes T-12 y arrancador electromagnético), puede reducir su consumo de potencia y energía en 21.74%. Se tiene en total 3456 tubos fluorescentes T-12 en esta situación.

El 1.90% de la carga de iluminación de edificios (aquellos que poseen tubos fluorescentes T-12 y arrancador electrónico), puede reducir su consumo de potencia y energía en 5.26%. Se tiene en total 86 tubos fluorescentes T-12 en esta situación.

Como se sabe que la carga de iluminación de edificios del suministro A es de 170.78kW, asumiendo que se realizan los cambios antes indicados, se puede tener una reducción de 34.74kW, lo que representa un 20.34%.

La cuantificación del costo de inversión se realizará en el capítulo 3.

3. Demanda máxima

Para poder estudiar la demanda máxima debemos valernos de un diagrama unifilar típico. Este ha sido proporcionado por la Oficina de Mantenimiento de la Universidad de Piura. Este lo podemos ver en la figura 2.8. Además en el mismo se puede ver los diferentes “períodos” por los que pasa el suministro a lo largo del día.

Se puede ver que entre las 7:00pm y las 7:15pm se presenta la demanda máxima de todo el día. Esto se debe a que en este momento todas las personas están trabajando a la vez (dictado de clases y personal administrativo y docente se encuentra laborando en sus oficinas). A su vez se tiene encendida toda la iluminación pública.

Para optimizar esta situación se deben tomar medidas correctivas que permitan lo siguiente:

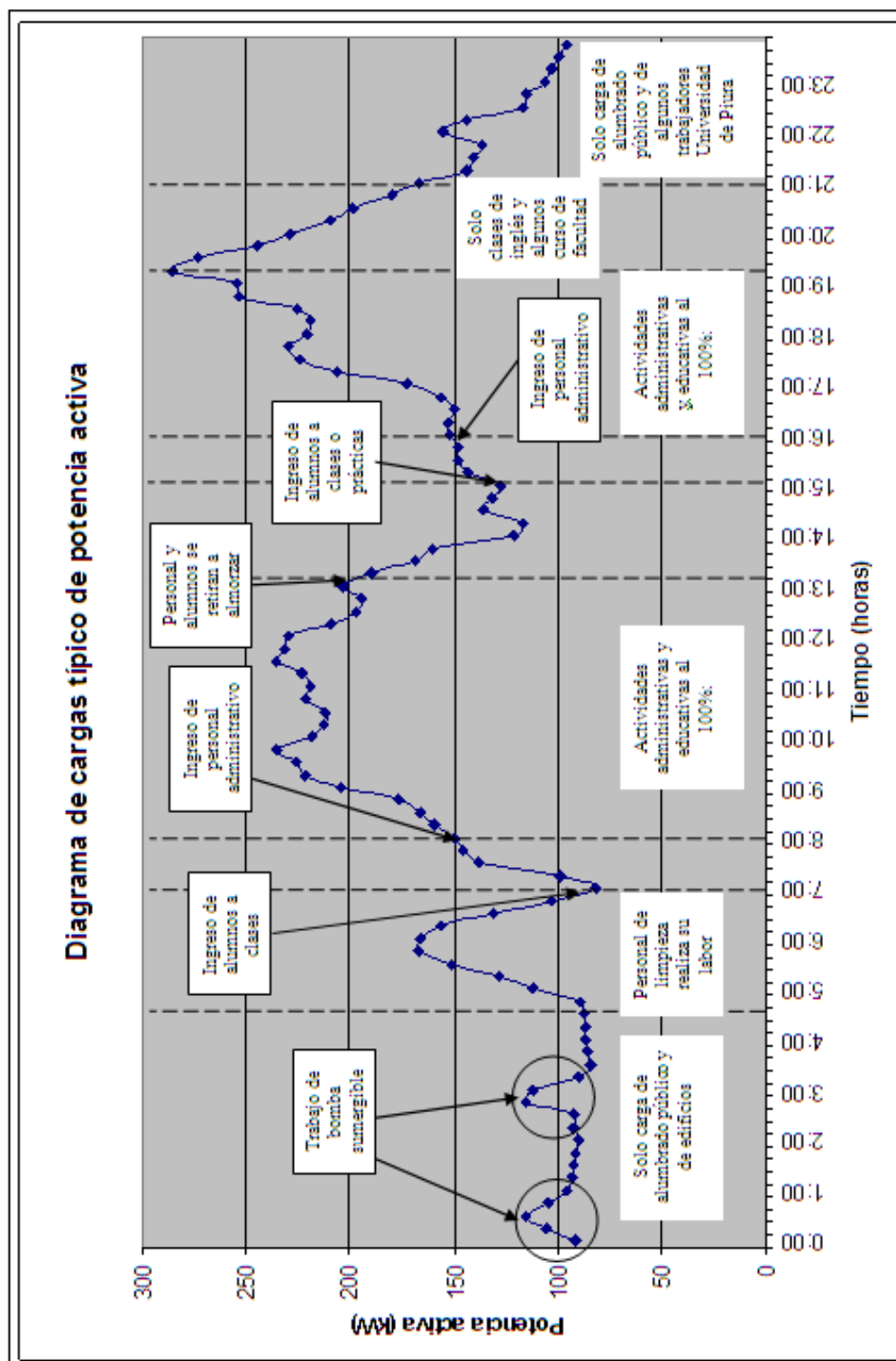
- Disminuir el pico, el cual se da durante las horas punta. Esto se logra conectando todo el circuito de alumbrado público al suministro C.
- Disminuir la potencia consumida de manera constante. Esto se logra aumentando el rendimiento del sistema de iluminación de edificios.

En el capítulo 3 se visualizará que estas medidas tienen un efecto económico positivo en la facturación de la Universidad de Piura. Además permitiría calificar al suministro A Fuera de Punta.

4. Consumos de energía activa

En esta parte lo que se busca es disminuir el consumo de energía activa. Para esto se debe aumentar el rendimiento de las cargas representativas del campus, lo que conlleva a recomendar el aumento del rendimiento del sistema de iluminación de edificios.

✓ **Figura 2.8** Diagrama de carga típico del suministro A de la Universidad de Piura



2.5.5 Simulación de los resultados de las medidas a tomar

En la sección 2.5.4 se detallaron las medidas que se debían realizar para poder optimizar los consumos de potencia, energía reactiva, energía activa y mejorar el factor de calificación. En resumen fueron:

- Aumentar en 72kVAR la potencia reactiva compensada en la SED 10.
- Migrar todo el circuito de iluminación pública al suministro C.
- Cambiar todo el sistema de arranque de los tubos fluorescentes del suministro A de un arranque mediante balastos convencionales a balastos electrónicos.
- Realizar el cambio de todos los tubos fluorescentes de tipo T-12 de 36W a T-8 de 34W.

A continuación se realizará la simulación de lo ahorrado debido a las medidas tomadas. Se considerará un solo pago el total del suministro A y del suministro C, que son los suministros en cuestión.

Debido a que no se tiene datos históricos del suministro C, a diferencia del suministro A, para la comparación se procederá de la siguiente manera: se calculará el monto pagado en promedio (de acuerdo a los meses que se tienen) en ambos escenarios: sin realizar ninguna medida correctiva y ejecutando el proyecto. Se ha considera un costo de S/.50 por pago por iluminación pública en el suministro C. En el anexo I se puede ver lo que pagarían en su totalidad el suministro A y el suministro C sin ejecutar el proyecto y en el anexo J se puede ver lo que pagarían si se ejecutase el proyecto. En la tabla 2.11 se puede ver esta comparación.

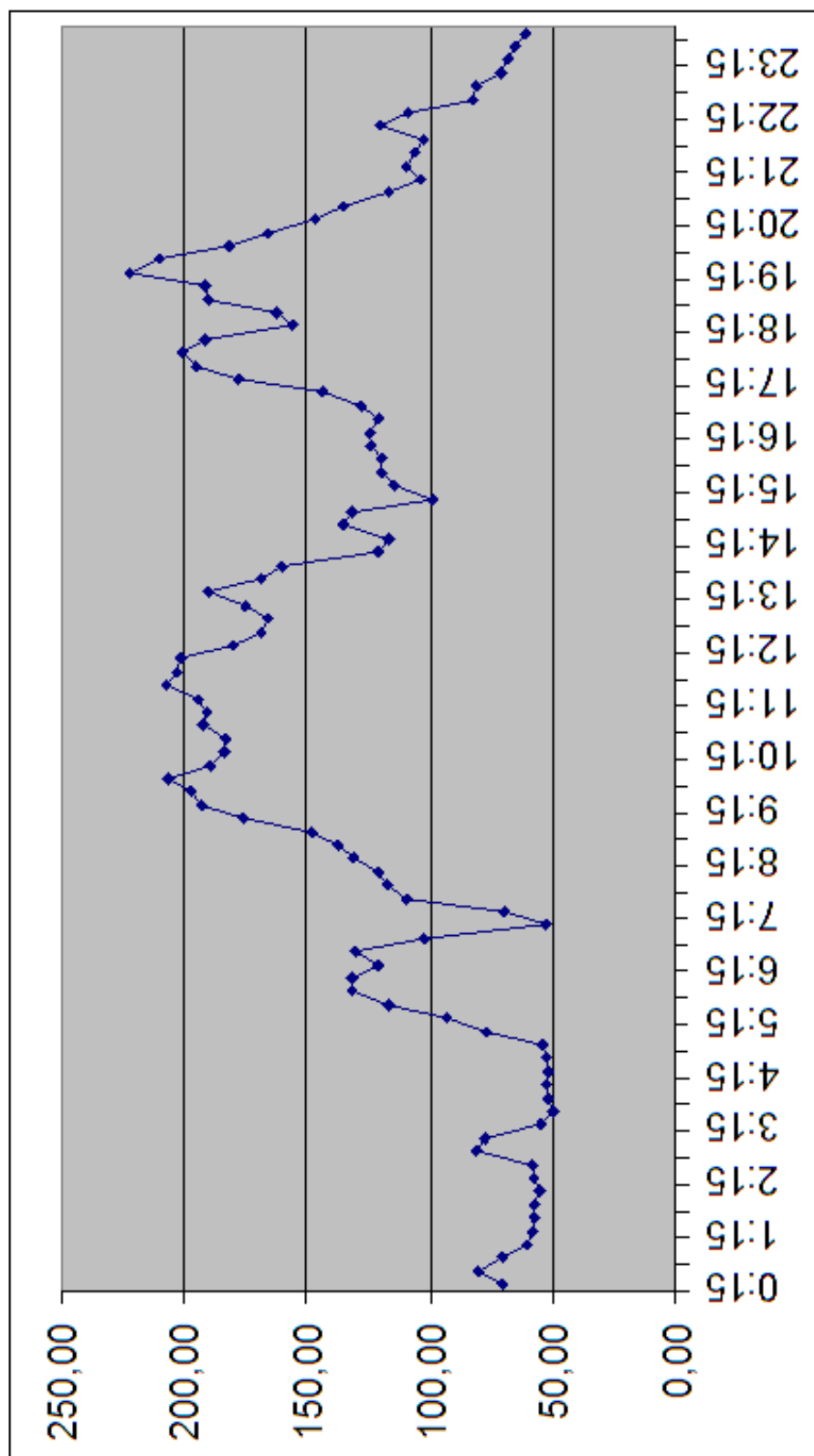
✓ Tabla 2.11 Costos que se pagarían por el suministro A y el suministro C si es que se realizase o no el proyecto de ahorro energético

	Pago promedio por mes inicial S/.	Pago promedio por mes final S/.	Variación S/.
Promedio de pago en suministro A	24812	17044	-7767
Promedio de pago en suministro C	2204	5127	2923
Total	27015	22171	-4844

% de reducción	17.93%
----------------	--------

Como se puede ver en la tabla 2.11 se tiene una reducción de aprox. S/.4844 por mes lo que representa una reducción del 17.93 % de los costos. Se puede ver en el anexo J que ahora la mayor cantidad de meses el suministro A califica como cliente Presente Fuera de Punta. En los meses con factores de calificación cercanos a 0.5 se puede gestionar fácilmente para lograr la calificación Presente Fuera de Punta.

✓ **Figura 2.9** Diagrama de carga típico modificado del suministro A de la Universidad de Piura.



2.5.6 Selección de la tarifa de los suministros A y C una vez realizados los cambios indicados por el proyecto de ahorro energético

En la presente sección se elegirá la tarifa para los suministros A y C una vez realizados los cambios señalados en el proyecto de ahorro energético.

En el anexo K se realiza la simulación de la facturación con los nuevos consumos energético con las tres tarifas MT para el suministro A. Se concluye que la mejor opción es la MT3 para el suministro A, por ende no se realiza ningún cambio en la tarifa.

En el anexo L se realiza la simulación de la facturación con los nuevos consumos energético con las tres tarifas MT para el suministro C. En este nuevo escenario la tarifa que conviene es la MT4 para el suministro C en todos los meses, aunque por una diferencia en la facturación casi despreciable. En promedio se tiene un ahorro de S/.22 si se realizara el cambio de MT3 a MT4. Se concluye que hay que realizar el cambio de tarifa de MT3 a MT4. Se recomienda evaluar todos los meses la conveniencia de esta tarifa. Conforme pase el tiempo se verá si fue conveniente el cambio de tarifa o no, sin embargo, la diferencia entre una y otra será despreciable.

Capítulo 3

Evaluación económica del proyecto de ahorro energético

3.1 Introducción

Como es de conocimiento de todas las personas que trabajan en el campo de la ingeniería, todos los proyectos que se realizan deben de ser rentables económicamente (si es de origen privado) o debe generar un alto beneficio a la comunidad (si es de origen público). Si este no fuera el caso, simplemente no se realizarían. Para poder tener conocimiento de lo beneficioso que puede ser un proyecto se debe realizar una evaluación económica del mismo.

En el capítulo 2 se describió una auditoría de ahorro energético. Esta concluyó con unas recomendaciones para obtener un ahorro energético, medidas que representaban un ahorro aproximado de S/.4844 mensuales. Ahora bien, como saber si el realizar la inversión para poder ejecutar el proyecto de ahorro energético es rentable. Esta interrogante se responderá en el presente capítulo.

3.2 Base teórica

Antes de ingresar a revisar la evaluación económica de un proyecto se realizará un bosquejo teórico que permita comprender de manera adecuada los términos utilizados en el presente capítulo. Se sentarán las bases teóricas de la evaluación de un proyecto de inversión. Se explicarán conceptos importantes para el entendimiento de la evaluación económica del proyecto. Los conceptos a aplicarse se encuentran dentro de los cursos de Evaluación de proyectos de ingeniería.

3.2.1 Conceptos básicos

A continuación se definirán algunos términos contables que serán de gran utilidad:

- **Flujo de caja:** son los ingresos y egresos de dinero en un período de tiempo de un proyecto determinado. El flujo de caja se puede evaluar en el período de tiempo que se desee, ya sea un mes, un año o mucho más. Este flujo de caja permite evaluar la liquidez que tendrá el proyecto a lo largo del tiempo.

- **Tasa de interés:** es un valor porcentual que se obtiene del cociente entre el monto que hay que pagar o cobrar por haber cedido dinero en una situación determinada y el monto cedido. Esta tasa de interés puede ser muy variable y depende de la situación económica del país, del banco, del tiempo a entregar el monto a pagar y sobre todo la posición de la entidad que entrega el dinero. Por ejemplo, cuando uno deposita dinero en el banco, el banco te presenta una tasa de interés anual del orden del 5% en el mejor de los casos, mientras que cuando uno realiza un préstamo a un banco actualmente esta tasa puede llegar hasta el 25%.

3.2.2 Tipo de proyectos según su origen

Existen dos tipos de proyectos según su origen:

- De origen privado
- De origen público

Proyecto de origen privado: es aquel proyecto cuyo financiamiento es realizado por una institución (una empresa) que busca obtener rentabilidades monetarias. Mejor dicho, la finalidad de este proyecto es ganar dinero.

Proyecto de origen público: es aquel proyecto cuyo financiamiento es realizado por el estado o una institución de ayuda (por ejemplo una ONG). Dicho proyecto busca obtener un beneficio en la población mas que obtener ingresos económicos.

Para comprender mejor las diferencias pondremos un ejemplo de cada tipo de proyecto de acuerdo al tipo de origen que se tiene pero que físicamente presentan los mismos componentes:

- Proyecto privado: Como ejemplo de un proyecto de origen privado tenemos la instalación del sistema eléctrico de una planta procesadora de uva, la cual se encuentra ubicada en medio del campo.
- Proyecto público: Como ejemplo de un proyecto de origen público tenemos la instalación del sistema eléctrico para un cacerío, el cual se encuentra ubicado en medio del campo y cercano a la planta de uva antes mencionada.

Uno se puede dar cuenta que ambos proyectos se sitúan en el mismo escenario geográfico, es más, ambos proyectos tienen físicamente los mismos componentes: redes primarias, subestaciones, redes secundarias, etc. La gran diferencia es la orientación, mientras que en el primero se busca obtener un beneficio económico luego de realizada la inversión, en el segundo se busca sobre todo brindar mejoras en la calidad de vida de la población.

Para el caso de los proyectos de origen público se cuantifica de manera monetaria los beneficios que trae consigo la realización de un proyecto. En el caso de los proyectos de origen privado los beneficios se cuantifican por las utilidades que generan.

3.2.3 Horizonte de proyección de un proyecto

El horizonte de un proyecto es el intervalo de tiempo en el que se evalúa lo beneficioso que sería la ejecución de un proyecto. El fijar incorrectamente el horizonte del proyecto podría traer consigo un grave error ya que con un horizonte corto podría resultar que el proyecto no es rentable, mientras que con un horizonte mas largo podría resultar que si lo es, o viceversa, dependiendo del caso, errando en la elección de llevar a cabo el proyecto.

3.2.4 Indicadores de rentabilidad de un proyecto

Existen diferentes indicadores de la rentabilidad de un proyecto. Los más importantes son:

- El Valor Actual Neto (VAN)
- La Tasa Interna de Retorno (TIR)
- La Rentabilidad
- El Beneficio/Costo (B/C)
- El tiempo de retorno

De estos indicadores el VAN y el TIR son indicadores que permiten discernir la aceptación o no de un proyecto, la Rentabilidad y el Beneficio/Costo permite hacer comparación entre varios proyectos de los beneficios que éstos pueden tener y el tiempo de retorno ayuda al inversionista a precisar el tiempo necesario para el retorno de su inversión.

El valor actual neto (VAN): es una metodología que permite actualizar a un tiempo determinado unos valores futuros de flujos de caja, para lo cual se realiza un descuento al momento actual mediante una tasa de interés determinada. Estas actualizaciones se obtienen de un flujo de caja realizado del proyecto. Esto permite evaluar las diferentes etapas de un proyecto a un único valor en un único momento y poder tomar una decisión. El Valor Actual Neto se puede aplicar tanto a los ingresos como a los egresos que presenta un proyecto. A su vez también se puede actualizar a un tiempo determinado los valores de ganancias (o pérdidas) del proyecto a lo largo del tiempo y adicionándole la inversión inicial se puede ver cuál sería la ganancia que tendría el proyecto, a lo largo de su tiempo de vida y proyectada al momento inicial del proyecto. Con el VAN se puede obtener otros indicadores tales como la rentabilidad y el beneficio/costo. Este indicador corresponde a la siguiente expresión matemática:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t}$$

En donde

- | | | |
|-------|---|-------------------------------------|
| V_t | = | El flujo de caja en cada período t. |
| n | = | Número de períodos considerados. |
| k | = | Tasa de interés considerada. |

En el caso de proyectos que no presenta riesgos se utiliza una tasa de interés con valores ligeramente mayores al interés típico de un banco, ya que se asume que el proyecto debe de ser más rentable que invertir este dinero depositado en el banco, sinó no se realizaría y se ahorraría. Cuando el VAN neto del proyecto sea positivo quiere decir que se va a tener utilidades durante todo el horizonte del proyecto.

La tasa interna de retorno (TIR): es la tasa de interés con la cual el valor actual neto es igual a cero. Mejor dicho, el TIR corresponde a la tasa de interés que se debía aplicar en el cálculo del VAN de un proyecto para que este no presente ganancias evaluadas en el momento inicial. En cuanto mayor sea el TIR respecto a la tasa de interés utilizada en el VAN quiere decir que el proyecto es mas rentable que ahorrar este dinero en el banco.

La rentabilidad: la rentabilidad es un indicador que permite comparar cuanto más se está ganando respecto a lo que se ha invertido inicialmente. Obviamente que todo esto es proyectado a un momento inicial. Este indicador sigue la siguiente expresión:

$$\text{Rentabilidad} = \frac{VAN}{I_0}$$

Donde:

VAN : VAN neto del proyecto evaluado en el momento inicial
 I_0 : Inversión inicial del proyecto.

El beneficio/costo (B/C): el beneficio/costo es un indicador que permite comparar cuanto mas son los beneficios respecto a los costos que se han tenido dentro de un proyecto. Este indicador es el más adecuado a la hora de evaluar un proyecto público ya que se puede cuantificar que tanto más beneficios ha traído realizar la inversión respectiva. Hay que recordar que en el caso de proyectos públicos lo que mas se busca es el beneficio de la población beneficiada, mas que una rentabilidad monetaria.

Este indicador presenta la siguiente expresión:

$$B/C = \frac{VAN + I_0}{I_0}$$

Donde:

VAN : VAN neto del proyecto evaluado en el momento inicial
 I_0 : Inversión inicial del proyecto.

El tiempo de retorno: el tiempo de retorno es un indicador que nos permite visualizar en cuanto tiempo se retorna la inversión. Esto es de gran importancia para los inversionistas porque quieren saber en cuanto tiempo tendrán de vuelta su inversión y a partir de qué momento se tendrá solo ganancias. Este indicador se haya ubicando en el flujo de caja al momento en que la sumatoria de las utilidades netas son iguales a la inversión inicial.

3.2.5 Tipo de evaluaciones de un proyecto

Existen dos tipos de evaluaciones:

- Evaluación económica de un proyecto.
- Evaluación financiera de un proyecto.

La evaluación económica de un proyecto: es la evaluación de un proyecto considerando que la inversión la realiza el inversionista sin tener la necesidad de realizar algún préstamo.

La evaluación financiera de un proyecto: es la evaluación de un proyecto considerando que la inversión inicial la realiza el inversionista considerando que la totalidad o parte de la inversión se ha obtenido mediante un préstamo.

3.2.6 Sensibilidad del proyecto

Una vez realizada la evaluación del proyecto se debe proceder a la evaluación de dicho proyecto frente a posibles cambios que se puedan presentar en su momento. Para esto se escogen una o más variables, cuyas combinaciones representan diferentes escenarios y se realiza la evaluación económica respectiva en cada uno de estos escenarios. De esta manera se puede ver que tan sensible es el proyecto frente a los posibles cambios que se puedan tener. Si el proyecto presenta una alta sensibilidad por uno o más aspectos se recomienda evaluar mejor la posibilidad de inversión. Sin embargo si el proyecto se presenta siempre rentable para cualquier escenario presentado, se recomienda ejecutar el proyecto.

3.2.7 Sostenibilidad del proyecto

La sostenibilidad de un proyecto evalúa la capacidad de un proyecto de sostenerse en el tiempo de manera autónoma una vez terminada la inversión inicial. Esto nos indica que tanto será la liquidez que tendrá el proyecto una vez terminada la inversión inicial para poderse desarrollar en su horizonte de proyección a lo largo del tiempo.

3.2.8 Criterios de aceptación de un proyecto

Como primera medida para la aceptación de un proyecto se debe tener en cuenta que los indicadores VAN y TIR deben presentar los siguientes valores:

- El VAN deberá ser mayor a cero. Esto quiere decir que se va a tener ganancia. En el caso que el VAN sea negativo quiere decir que no se va a tener ganancia, antes bien se va a tener pérdida.
- El TIR deberá ser mayor al tasa de interés con el que se ha calculado el VAN. Esto quiere decir que la realización de la inversión en el proyecto es mas rentable que ahorrar en el banco la inversión inicial con una tasa de interés igual a la utilizada en el cálculo del VAN.

Una vez que se ha realizado la evaluación mediante VAN y TIR se deberá verificar que el proyecto no presente una alta sensibilidad y que sea sostenible en el tiempo.

Dependiendo el criterio del inversionista y del escenario en que se esté trabajando, se puede escoger un proyecto con una alta sensibilidad, sin embargo no se puede optar por un proyecto no sostenible, ya que esto indicará que una vez terminada la inversión el proyecto por sí mismo no cumpliría sus metas y fracasaría.

3.3 Evaluación del proyecto de ahorro energético

3.3.1 Introducción

Una vez realizado el bosquejo teórico necesario para entender esta parte, se procederá a realizar la evaluación económica del proyecto de ahorro energético en el sistema de utilización de la Universidad de Piura. Cabe indicar que se va a realizar una evaluación económica debido a que se asume que para realizar la inversión inicial la Universidad de Piura lo realizará con fondos propios sin necesidad de realizar ningún préstamo.

3.3.2 Evaluación económica

Para proceder a la evolución económica se debe definir en una primera instancia lo siguiente:

- 1) El horizonte de proyección del proyecto.
- 2) El costo de la inversión inicial.
- 3) Los beneficios que va a traer consigo el proyecto.

El horizonte de proyección del proyecto

El horizonte que se tendrá en cuenta en el proyecto será de 20 años. Se ha elegido este tiempo debido a que es el tiempo de vida útil que se asumen tienen los componentes eléctricos, tales como conductores (utilizados para la migración del sistema de iluminación pública) y los bancos de condensadores. Los balastos electrónicos se reemplazarán luego de acabado su tiempo de vida útil, a lo largo del proyecto tienen un tiempo de vida útil de 60000 horas. Sabiendo los fluorescentes trabajan en promedio 250 horas al mes, los balastos electrónicos serían reemplazados una vez terminado el proyecto, osea luego de 20 años de funcionamiento.

Cabe indicar que el cambio de los tubos fluorescentes del tipo T12 de 36W por los tubos fluorescentes del tipo T-8 de 32W está incluido en el cambio por mantenimiento de los mismos. La diferencia es que ahora en vez de cambiar tubos fluorescentes de tipo T-12 por otros de tipo T-12 se realizará por otros de tipo T-8.

Cuantificación del costo de la inversión inicial

Para cuantificar el costo de la inversión inicial se debe cuantificar el costo de implementar las medidas correctivas indicadas, a saber:

1. Migrar el sistema de iluminación pública del suministro A al suministro C. El detalle del proyecto de reubicar la alimentación del sistema de iluminación pública se encuentra en el plano A. Se asume que este trabajo por ser muy extenso y por no estar dentro de las actividades del área de mantenimiento lo realizado una contratista.
2. Aumentar la compensación de energía reactiva mediante un banco de condensadores automático de 72kVAR, 0.23kV y 60Hz instalado en la actual SED 10. Se asume que este trabajo por ser calificado y por no estar dentro de las actividades del área de mantenimiento lo realizado una contratista.
3. Cambiar todos los balastos convencionales por balastos electrónicos en los fluorescentes de la Universidad de Piura. Debido a que la mejora del sistema de iluminación del campus está dentro de las actividades propias del área de mantenimiento, se asume que este trabajo lo realiza dicha área.
4. Cambiar todos los tubos fluorescentes de tipo T-12 por los de tipo T-8. Debido a que la mejora del sistema de iluminación del campus está dentro de las actividades propias del área de mantenimiento, se asume que este trabajo lo realiza dicha área.

La cuantificación de cada una de las medidas se encuentra en el anexo M y de manera resumida se presenta en la tabla 3.1 la cual se muestra a continuación.

✓ **Tabla 3.1 Cuantificación de la inversión inicial del proyecto de ahorro energético**

Costo de inversión inicial		
Item	Descripción	Costo S/.
1	Alimentador de sistema de iluminación pública	108581.55
2	Banco de condensadores	5831.00
3	Balastos electrónicos	53044.25
4	Tubos fluorescentes	90478.08
	Total de inversión inicial	257934.88

Los beneficios del proyecto

A continuación se detallarán los beneficios de la implementación del proyecto:

1. Reducción de los costos por suministro de energía eléctrica. Este costo ha sido definido en el capítulo 2 y es S/.4844 en promedio por mes. Cabe indicar que para la cuantificación de estos costos se utilizó los precios unitarios de los meses que correspondían. Actualmente estos precios unitarios han aumentado considerablemente, lo que indica que la reducción de costos por suministro de energía eléctrica en la práctica sería mayor al calculado en el capítulo 2, sin embargo se utilizará este dato con la finalidad de ser conservador.

2. Se disminuye los costos de mantenimiento de las luminarias debido a que ahora se tendrán que renovar con menor frecuencia. Ahora el tiempo de vida útil de las lámparas fluorescentes ha aumentado considerablemente, de 12 000 a 18 000 horas debido al uso de balastos electrónicos. El detalle del cálculo de reducción en los costos de mantenimiento se aprecia en el anexo N y corresponde en promedio por cada uno de los 20 años a S/.19 684.
3. Alivio de los componentes de la SED 10: conductores y transformador. Esto se debe porque ahora el consumo de energía activa y aparente será menor, esto se logra gracias a la migración de la carga de iluminación pública, al aumento del rendimiento del sistema de iluminación de edificios y al aumento de la compensación de la energía reactiva.
4. Un mejor sistema de iluminación en los edificios. Esto gracias a la instalación de balastos electrónicos, los cuales permiten una mejor estabilidad en la iluminación de una lámpara fluorescente.
5. Se tendrá una mejor calidad de energía en el circuito de iluminación pública debido a que ahora este sistema estaría instalado en una SED que prácticamente no tiene carga y por ende se tendrá una menor caída de tensión en el sistema eléctrico. Esto trae consigo una mejor iluminación en el campus.
6. Se instala la iluminación pública en un sistema eléctrico pequeño y con una configuración y confiabilidad mucho mejor que la de la SED 10, por ende se aumenta la confiabilidad en el circuito de iluminación pública.

Como se puede dar cuenta, se consiguen varios beneficios con la implementación del proyecto. Sin embargo, solo los dos primeros beneficios se pueden cuantificar monetariamente. Para la evaluación económica solo se tendrá en cuenta los dos primeros beneficios. Los otros cuatro no se tendrán en cuenta por su difícil capacidad de cuantificación. En el anexo N se cuantifican los beneficios que se tendrían con el proyecto. El resumen de esta cuantificación se muestra en la tabla 3.2 la cual se muestra a continuación.

✓ **Tabla 3.2 Cuantificación de los beneficios que traería consigo el proyecto de ahorro energético**

Beneficios	Ahorro en S/. por año
Suministro de energía eléctrica	58128
Ahorro en cambio de tubos fluorescentes	19684

Evaluación económica

Una vez definidos el horizonte de proyección, los costos de la inversión inicial y los beneficios del proyecto se procederá a realizar la respectiva evaluación económica del mismo. En el anexo Ñ se muestra la evaluación económica del proyecto. Se ha utilizado una tasa de interés igual al 11%. Los indicadores se muestran en la tabla 3.3 la cual se muestra a continuación.

✓ Tabla 3.3 **Indicadores resultantes de la evaluación económica del proyecto**

Indicadores	Valor
VAN neto (miles de S/.)	361.71
TIR	30%
Tiempo de retorno (años)	3.31
Rentabilidad	1.40

Una vez evaluado el proyecto observa que el VAN es positivo, el TIR es mayor a la tasa de interés y el tiempo de retorno es de aproximadamente 3.31 años, motivo por el cual se cataloga al proyecto como factible.

3.3.3 Análisis de sensibilidad

A continuación se realizará el estudio de sensibilidad del proyecto. Primero se tiene que escoger las variables con las que se evaluará la sensibilidad. Las variables que se han considerado son: la inversión inicial y el ahorro que se tendría por mes. Ambas variables tendrán las siguientes variaciones: -10%, -5%, 0%, +5% y +10%

En la tabla 3.4 se resumen todos resultados, tanto de VAN como de TIR para todos los escenarios antes indicados.

✓ Tabla 3.4 **Resultados del análisis de sensibilidad**

VAN		Inversión inicial				
		-10%	-5%	0%	5%	10%
Ahorro	-10%	325.54	312.64	299.85	286.85	273.95
	-5%	356.52	343.62	336.73	317.83	304.93
	0%	327.5	374.61	361.71	348.88	335.92
	5%	418.48	405.59	392.69	379.78	366.9
	10%	449.47	436.57	423.67	410.78	397.88

TIR		Inversión inicial				
		-10%	-5%	0%	5%	10%
Ahorro	-10%	30.01%	28.39%	26.92%	25.59%	24.37%
	-5%	31.71%	30.01%	28.47%	27.07%	25.79%
	0%	33.41%	31.62%	30.01%	28.47%	27.20%
	5%	35.11%	33.24%	31.54%	30.01%	28.61%
	10%	36.80%	34.84%	33.07%	31.47%	30.01%

Analizando la tabla 3.4 se puede ver que el proyecto es poco sensible a los cambios, además siempre presenta un VAN positivo y un TIR mayor a la tasa de interés.

3.3.4 Análisis de sostenibilidad

No es necesario realizar el análisis de sostenibilidad para concluir que el proyecto es sostenible por sí mismo en el tiempo. Revisando el anexo Ñ se puede ver que el proyecto una vez terminada la inversión inicial no requiere mayores ingresos de dinero para su funcionamiento.

3.4 Conclusión de la evaluación económica

Se concluye que el proyecto es rentable económicamente. Se recomienda su ejecución.

Conclusiones

1. El ahorro energético es un tema que todo ingeniero proyectista, de mantenimiento o de operaciones, independiente de su especialidad, debe de tener en cuenta a la hora de su diseño, plan de mantenimiento o de programación de trabajos.
2. Utilizando el ingenio se puede ahorrar dinero mediante la gestión de las cargas dentro de un sistema de utilización.
3. La única manera que se puede ahorrar energía de manera constante a lo largo del tiempo es el mejoramiento del rendimiento eléctrico de la instalación y de las cargas, sin embargo, esto siempre traerá consigo una inversión económica.
4. El utilizar equipos modernos garantiza trabajar con equipos de una eficiencia elevada ya que actualmente la tendencia que se tiene en el mundo es trabajar con equipos de alta eficiencia que permitan ahorrar energía el consumo de energía eléctrica.
5. La conveniencia de las medidas a implementar se deben de evaluar mediante un análisis económico.

Bibliografía

- [1] Gamio Aita, Pedro (2007), Cambio de matriz energética y desarrollo sostenible, objetivo de política de estado. Para descargar de internet 20 de setiembre del 2010. Accesible en http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/institucional/publicaciones/presentaciones/presentacion_vme.pdf
- [2] Ministerio de Energía y Minas. Dirección general de hidrocarburos. Fondo para la estabilización del precio de los combustibles. Para descargar de internet. 23 de noviembre del 2010. Accesible en www.snmpe.org.pe/...hidrocarburos/III.../FEPC%2002.07.08.pdf
- [3] Del Rosario, Raúl (2002). Ahorro de energía en el uso de los motores eléctricos. Para descargar de internet. 02 de abril del 2010. Accesible en siec.minem.gob.pe/downloadFile.php?fol=b2JqZm9sZGVyLw
- [4] Schneider Electric. La compensación de la energía reactiva – Capítulo E. Para descargar de internet. 02 de abril del 2010. Accesible en www.sebyc.com/descargas/reea/schneider/Tomo_E.pdf
- [5] Luna Pont, Carlos. Climatización y ahorro energético en el hogar. Para descargar de internet. 02 de abril del 2010. Accesible en www.santacruz.gov.ar/.../1-%20Guía%20Ahorro%20Energético%20en%20el%20Hogar.pdf –
- [6] Osinergmin. Opciones tarifarias y condiciones de paliación de las tarifas a usuario final. Para descargar de internet. 02 de abril del 2010. Accesible en www2.osinerg.gob.pe/.../OSINERG%20No.236-2005-OS-CD-Norma.pdf

Anexos

Anexo A

Principales cargas eléctricas de la Universidad de Piura

Iluminación de edificios

SED	Circuito	Iluminación interior (kW)	Iluminación exterior (kW)	
10	Edificio 80 + Biblioteca + CUM	35.24	8.65	
	Principal	32.93	3.36	
	Química	5.95	2.18	
	Ex. Educación	12.13	2.90	
	Hidráulica	3.03	1.90	
	Almacén	1.32	0.00	
12	IME	29.56	1.85	
	ETS	22.45	7.33	
EDUCACIÓN	Educación	15.91	3.17	
GOBIERNO	Gobierno	3.83	5.00	
	TOTAL	162.34	36.34	198.68

Iluminación pública

SUBESTACIÓN	CIRCUITO	POTENCIA ACTIVA (kW)
10	Iluminación desde tranquera hasta Ed. Química	10,00
	Camino de acceso principal	3,53
	Iluminación de luminarias tipo hongo	14,44
	Iluminación de playa 1	2,94
	Iluminación de playa 2	3,53
EDUCACIÓN	Hongos	4,34
	TOTAL	38,79

Aires acondicionados

SUBESTACIÓN	EDIFICIO	RECINTO	POTENCIA ACTIVA (kW)	SITUACIÓN
SED 10	Ex. Educación	Aula E11 Derecha	2,72	Nuevo
		Aula E11 Izquierda	4,56	Nuevo
SED 12	IME	Auditorio IME	10,97	Viejo
	ETS	Aula T11	6,22	Nuevo
		Centro de cómputo Izq.	2,07	Nuevo
		Centro de cómputo Der.	2,11	Nuevo
EDUCACIÓN	Edificio de Educación	Aula XL Izq.	4,13	Nuevo
		Aula XL Der.	5,07	Nuevo
GOBIERNO	Edificio de Gobierno	Aula 1	11,42	Nuevo
		Aula 2	13,05	Nuevo
		TOTAL	62,33	

Computadoras

SUBESTACIÓN	EDIFICIO	POTENCIA ACTIVA (kW)
10	Principal	7.29
	80	4.78
	Hidráulica	3.31
	Ex. Educación	0.33
	Biblioteca	2.47
	CUM	1.11
	Mtto. Y almacén	1.22
12	IME	7.91
	ETS	2.07
EDUCACIÓN	Ed. Educación	2.87
GOBIERNO	Ed. Gobierno	4.64
	TOTAL	38.00

Equipos de laboratorio de Mecánica

ITEM	DESCRIPCIÓN	POTENCIA INSTALADA (kW)	Factor de Utilización	MÁXIMA DEMANDA (kW)
1	Torno convencional	5.0	0.64	3.2
2	Torno CNC	7.5	0.64	4.8
3	Fresadoras MAHO- CNC	15.0	0.64	9.6
4	Fresadora Remac	4.0	0.64	2.6
5	Fresadora Rumana	10.0	0.64	6.4
6	Taladro	1.0	0.64	0.6
7	Esmeril 1	1.0	0.64	0.6
8	Esmeril 2	0.5	0.64	0.3
9	Rectificadora plana	3.0	0.64	1.9
10	Afiladora universal	3.0	0.64	1.9
11	Roedora	0.8	0.64	0.5
12	Tronzadora	2.0	0.64	1.3
13	Máquina de soldar	8.0	0.64	5.1
14	Compresor de aire	5.0	0.64	3.2
TOTAL		65.8		42.11

Bomba sumergible

SUBESTACIÓN	CIRCUITO	POTENCIA ACTIVA (kW)
10	Bomba sumergible	23,00
	TOTAL	23,00

Equipos de radar

Mes	Demanda máxima (kW)
ene-05	10,40
feb-05	10,29
mar-05	9,48
abr-05	8,98
may-05	7,32
jun-05	7,09
ene-06	7,29
may-06	4,70
jun-06	4,03
jul-06	3,42
ago-06	4,62
sep-06	4,80

Mes	Demanda máxima (kW)
oct-06	4,23
nov-06	5,00
dic-06	4,95
ene-07	6,66
feb-07	8,53
mar-07	7,81
abr-07	5,83
ago-07	5,42
sep-07	6,20
nov-07	6,49
dic-07	8,03

Valor promedio	6,59
Valor máximo	10,40

Anexo B

Parámetros eléctricos por cada uno de los suministros de la Universidad de Piura

Suministro A							
Mes	Parámetro eléctrico						
	EAHP (kWh)	EAFP (kWh)	MD_HP (kW)	MD_FP (kW)	ER (kVARh)	PAD (kW)	FC
ene-05	19399	64852	237,12	240,06	51652	307,80	HP
feb-05	19272	60506	233,99	254,17	48816	307,80	HP
mar-05	22073	71018	281,45	291,85	57981	298,61	FP
abr-05	25527	83927	338,40	331,13	68145	315,70	HP
may-05	26364	83782	315,78	309,82	73636	327,09	HP
jun-05	24945	81382	334,62	307,13	72982	336,51	FP
jul-05	21782	70836	286,17	331,93	65018	336,51	FP
ago-05	24218	77964	319,49	322,91	52527	336,51	FP
sep-05	25018	80655	303,64	336,36	53018	337,38	FP
oct-05	23455	72982	283,64	262,62	60764	335,49	HP
nov-05	23600	78982	321,82	324,73	68764	335,49	FP
dic-05	20727	68509	258,11	244,87	13600	334,15	HP
ene-06	21636	73273	269,53	281,67	26182	330,55	FP
feb-06	20727	69236	274,33	264,22	27309	330,55	HP
mar-06	25600	90000	346,65	349,38	43709	337,05	FP
abr-06	24073	79745	387,49	323,05	46218	368,44	FP
may-06	25164	84000	342,11	327,56	59164	368,44	FP
jun-06	23236	80509	334,69	342,47	48764	368,44	FP
jul-06	19491	64691	265,53	265,82	33564	368,44	FP
ago-06	22327	72364	298,25	260,29	39200	368,44	FP
sep-06	24945	79018	330,33	318,98	46400	364,98	HP
oct-06	27018	88473	386,33	351,05	54618	364,40	FP
nov-06	25673	80400	381,53	347,56	47418	383,93	FP
dic-06	20145	66473	357,09	322,47	31636	383,93	FP
ene-07	21745	72073	262,11	247,71	35127	383,93	HP
feb-07	21091	69600	252,95	258,76	36582	383,93	HP
mar-07	24909	85709	353,89	306,76	44509	383,93	FP
abr-07	24145	78291	353,45	334,33	42909	369,31	FP
may-07	23709	78145	300,58	269,02	47818	355,49	HP
jun-07	22109	73127	283,13	312,29	71564	353,67	FP
jul-07	18291	63855	232,51	255,56	47309	353,67	FP
ago-07	22073	72000	279,64	239,56	41127	353,67	HP

sep-07	22036	73091	295,64	252,07	42145	332,87	HP
oct-07	20836	74727	276,55	241,60	37782	306,44	HP
nov-07	20364	73127	286,36	250,91	36473	303,96	HP
dic-07	14691	56582	249,16	216,87	20255	291,00	FP
ene-08	18800	69927	248,73	242,51	26218	291,00	HP
feb-08	18618	66945	257,78	238,15	23418	291,00	HP
mar-08	20145	76982	335,35	292,15	26618	310,85	HP
abr-08	23782	85236	332,95	300,65	36509	334,15	HP
may-08	22509	82400	304,04	267,49	42764	334,15	HP
jun-08	21127	77200	316,69	274,36	49273	334,15	HP
jul-08	18655	73782	279,16	250,69	43091	334,15	HP

Suministro B							
Mes	Parámetro eléctrico						
	EAHP (kWh)	EAFP (kWh)	MD_HP (kW)	MD_FP (kW)	ER (kVARh)	PAD (kW)	FC
ene-05	1909	6654	35,21	44,21	191	51,01	FP
feb-05	2018	7009	46,58	45,93	286	52,20	FP
mar-05	2468	9654	60,46	64,36	927	61,09	FP
abr-05	2468	9518	54,13	71,18	995	67,77	FP
may-05	2482	7609	56,62	53,89	600	67,77	FP
jun-05	2086	6886	48,49	50,24	491	67,77	FP
ene-06	2632	9750	51,87	64,09	941	60,69	FP
may-06	2959	9232	59,83	57,03	736	68,79	FP
jun-06	2795	8795	53,53	51,52	723	68,79	FP
jul-06	2209	7636	43,80	43,74	286	68,79	FP
ago-06	2577	8359	52,04	57,30	532	68,79	FP
sep-06	2564	8127	53,18	55,44	736	63,15	FP
oct-06	2850	8141	49,53	55,25	641	58,57	FP
nov-06	2973	9450	51,79	69,38	1091	63,34	FP
dic-06	2850	8223	51,52	61,12	750	65,25	FP
ene-07	2891	9245	50,92	69,33	736	69,35	FP
feb-07	2973	9354	61,33	68,83	1173	69,35	FP
mar-07	3354	10868	55,58	55,20	1159	69,35	FP
abr-07	2986	9382	54,68	60,38	1009	69,35	FP
ago-07	2782	7677	44,45	47,07	627	61,83	FP
sep-07	2754	7104	51,57	47,64	695	61,83	FP
nov-07	2768	8509	51,44	52,44	955	53,45	FP
dic-07	2359	6791	53,32	49,23	477	53,89	FP

Suministro C							
Mes	Parámetro eléctrico						
	EAHP (kWh)	EAFP (kWh)	MD_HP (kW)	MD_FP (kW)	ER (kVARh)	PAD (kW)	FC
ene-05	968	3027	12,44	12,44	2973	22,73	HP
feb-05	832	2059	9,30	12,03	2714	22,73	FP
mar-05	1077	3436	22,31	19,47	3095	21,96	FP
abr-05	1691	4568	27,74	22,91	3027	25,02	FP
may-05	2332	5182	26,56	21,14	3136	27,15	HP
jun-05	2291	5318	28,58	23,37	2986	28,16	HP
ene-06	1759	3682	22,72	16,06	3286	26,56	FP
may-06	2495	5932	37,04	26,78	3627	35,86	FP
jun-06	2305	5605	30,65	25,85	3095	35,86	HP
jul-06	2059	4595	23,29	20,56	3245	35,86	HP
ago-06	2209	5168	30,38	22,25	3395	35,86	FP
oct-06	2291	5427	33,19	26,37	3191	36,55	FP
nov-06	2318	5332	31,80	28,83	3109	34,62	FP
dic-06	1936	4132	30,95	23,40	3177	34,62	FP
ene-07	1773	4145	19,77	19,06	3109	34,62	HP
feb-07	1527	3545	15,30	17,24	2864	34,62	HP
mar-07	2127	5414	34,23	29,13	3709	33,71	FP
abr-07	2536	5891	37,91	29,30	4500	36,07	FP
ago-07	2359	5359	28,69	23,75	4527	37,21	HP
sep-07	2427	5550	32,40	23,40	4200	37,21	HP
sep-07	2236	5305	36,05	29,26	2618	36,55	FP
nov-07	2291	5441	30,71	23,97	3900	34,46	HP
dic-07	1964	3886	30,82	26,32	3982	32,35	HP

Suministro D							
Mes	Parámetro eléctrico						
	EAHP (kWh)	EAFP (kWh)	MD_HP (kW)	MD_FP (kW)	ER (kVARh)	PAD (kW)	FC
ene-05	724	2987	9,41	10,40	996	9,97	FP
feb-05	853	3168	9,68	10,29	1051	10,35	HP
mar-05	550	2010	9,03	9,48	710	10,35	FP
abr-05	574	2258	8,41	8,98	683	10,35	FP
may-05	300	1475	3,96	7,32	223	10,35	FP
jun-05	386	1680	5,23	7,09	255	10,35	FP
ene-06	654	2478	6,79	7,29	136	7,97	HP
may-06	329	1327	3,54	4,70	362	7,55	FP
jun-06	302	1199	2,92	4,03	374	7,55	HP
jul-06	301	1142	2,99	3,42	373	7,55	HP
ago-06	303	1256	3,15	4,62	437	7,55	FP
sep-06	286	1206	3,55	4,80	459	6,15	FP
oct-06	300	1322	3,33	4,23	452	4,75	FP
nov-06	357	1465	4,20	5,00	464	4,90	FP
dic-06	499	1922	4,76	4,95	461	4,98	HP
ene-07	638	2281	6,29	6,66	517	5,83	HP
feb-07	575	2216	7,05	8,53	400	7,60	FP
mar-07	603	2109	6,55	7,81	513	8,17	FP
abr-07	641	2067	5,83	5,80	554	8,17	HP
ago-07	538	1782	4,59	5,42	862	7,08	HP
sep-07	603	1954	5,68	6,20	1105	6,28	HP
nov-07	687	2244	6,45	6,49	1099	6,34	HP
dic-07	656	2220	6,25	8,03	883	7,26	HP

Anexo C

Consumos energéticos de cada suministro en MWh

Mes	Consumo de cada suministro en MWh			
	A	B	C	D
ene-05	84,25	8,56	4,00	3,71
feb-05	79,78	9,03	2,89	4,02
mar-05	93,09	12,12	4,51	2,56
abr-05	109,45	11,99	6,26	2,83
may-05	110,15	11,71	7,51	1,78
jun-05	106,33	11,59	7,61	2,07
jul-05	92,62			
ago-05	102,18			
sep-05	105,67			
oct-05	96,44			
nov-05	102,58			
dic-05	89,24			
ene-06	94,91	12,38	5,44	3,13
feb-06	89,96	0,00	0,00	0,00
mar-06	115,60	0,00	0,00	0,00
abr-06	103,82	0,00	0,00	0,00
may-06	109,16	12,19	8,43	1,66
jun-06	103,75	11,59	7,91	1,50
jul-06	84,18	9,85	6,65	1,44
ago-06	94,69	10,94	7,38	1,56
sep-06	103,96	10,69	7,54	1,49
oct-06	115,49	10,99	7,72	1,62
nov-06	106,07	12,42	7,65	1,82
dic-06	86,62	11,07	6,07	2,42
ene-07	93,82	12,14	5,92	2,92
feb-07	90,69	12,33	5,07	2,79
mar-07	110,62	14,22	7,54	2,71
abr-07	102,44	12,37	8,43	2,71
may-07				
jun-07				
jul-07				
ago-07	94,07	10,46	7,72	2,32
sep-07	95,13	9,86	7,98	2,56
oct-07	0,00	0,00	0,00	0,00

nov-07	93,49	11,28	7,73	2,93
dic-07	71,27	9,15	5,85	2,88
ene-08	88,73			
feb-08	85,56			
mar-08	97,13			
abr-08	109,02			
may-08	104,91			
jun-08	98,33			
jul-08	92,44			
Promedio	95,19	9,59	5,70	2,05
% del total	84,59%	8,52%	5,06%	1,82%

Anexo D

Parámetros eléctricos medidos medidos en el suministro A

Mes	Parámetro eléctrico medido en suministro A				
	EAHP	EAFP	MD HP	MD FP	ER
nov-07	21629	71871	286,36	250,91	36467
dic-07	14700	56155	249,16	211,75	20261
feb-08	18608	66955	257,78	238,15	23432
mar-08	20158	76970	335,35	292,15	26630
abr-08	25287	83722	332,95	300,65	36480
may-08	23816	81111	304,04	267,49	40956
jun-08	22396	75952	316,69	273,71	51092
jul-08	19757	72641	279,16	250,69	43086
ago-08	21368	74676	287,56	261,82	37069
sep-08	23838	78281	304,69	266,07	38056
oct-08	22469	77299	306,11	256,91	35847

Anexo E

Diferencia porcentual entre los valores de parámetros eléctricos medidos y facturados por ENOSA

Mes	% de error en parámetros eléctricos				
	EAFP (kWh)	EAFP (kWh)	MD_HP (kW)	MD_FP (kW)	ER (kVARh)
nov-07	-5,85%	1,75%	0,00%	0,00%	0,02%
dic-07	-0,06%	0,76%	0,00%	2,42%	-0,03%
feb-08	0,05%	-0,01%	0,00%	0,00%	-0,06%
mar-08	-0,06%	0,02%	0,00%	0,00%	-0,04%
abr-08	-5,95%	1,81%	0,00%	0,00%	0,08%
may-08	-5,49%	1,59%	0,00%	0,00%	4,41%
jun-08	-5,66%	1,64%	0,00%	0,24%	-3,56%
jul-08	-5,58%	1,57%	0,00%	0,00%	0,01%

Anexo F

Precios unitarios de las diferentes tarifas MT de acuerdo al portal web de Osinergmin

Mes	Precios unitarios de tarifa MT2						
	Cargo Fijo Mensual	Cargo por Energía Activa en Punta	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	Cargo por Potencia Activa de Generación en HP	Cargo por Potencia Activa de Distribución en HP	Cargo por Exceso de Potencia Activa de Distribución en HFP	Cargo por exceso de Energía Reactiva
	S./mes	S./kW.h	S./kW.h	S./kW-mes	S./kW-mes	S./kW-mes	S./kVar.h
nov-05	4,07	0,1398	0,1135	34,43	5,21	9,80	0,0420
dic-05	4,17	0,1398	0,1135	34,43	5,39	10,14	0,0437
ene-06	4,17	0,1398	0,1135	34,43	5,39	10,14	0,0437
feb-06	4,22	0,1380	0,1121	34,29	5,43	10,22	0,0425
mar-06	4,22	0,1380	0,1121	34,29	5,43	10,22	0,0425
abr-06	4,22	0,1380	0,1121	34,29	5,43	10,22	0,0425
may-06	4,26	0,1268	0,1133	29,24	5,08	9,57	0,0426
jun-06	4,26	0,1268	0,1133	29,25	5,08	9,57	0,0426
jul-06	4,26	0,1268	0,1133	29,25	5,11	9,61	0,0420
ago-06	4,26	0,1268	0,1133	29,25	5,11	9,61	0,0420
sep-06	4,27	0,1268	0,1133	29,25	5,14	9,67	0,0417
oct-06	4,27	0,1268	0,1133	29,25	5,14	9,67	0,0417
nov-06	4,25	0,1201	0,1073	28,16	5,14	9,68	0,0414
dic-06	4,25	0,1201	0,1073	28,16	5,14	9,68	0,0414
ene-07	4,25	0,1201	0,1073	28,16	5,14	9,68	0,0414
feb-07	4,23	0,1195	0,1068	28,02	5,15	9,68	0,0408
mar-07	4,23	0,1195	0,1068	28,02	5,15	9,68	0,0408
abr-07	4,20	0,1195	0,1068	28,02	5,13	9,64	0,0407
may-07	4,20	0,1188	0,1019	25,72	5,02	9,45	0,0403
jun-07	4,21	0,1188	0,1019	25,72	5,04	9,48	0,0403
jul-07	4,21	0,1188	0,1019	25,72	5,04	9,48	0,0403
ago-07	4,30	0,1283	0,1027	25,17	5,13	9,66	0,0402
sep-07	4,30	0,1283	0,1027	25,17	5,13	9,66	0,0402
oct-07	4,37	0,1283	0,1027	25,17	5,18	9,75	0,0393
nov-07	4,38	0,1291	0,1065	24,77	5,60	9,72	0,0385
dic-07	4,39	0,1291	0,1065	24,77	5,17	9,72	0,0383
ene-08	4,40	0,1291	0,1065	24,77	5,17	9,73	0,0382
feb-08	4,43	0,1274	0,1057	24,45	5,19	9,77	0,0375

mar-08	4,43	0,1275	0,1057	24,45	5,19	9,77	0,0375
abr-08	4,50	0,1273	0,1055	23,71	5,20	9,79	0,0349
may-08	4,54	0,1174	0,0967	20,10	5,65	10,63	0,0361
jun-08	4,55	0,1177	0,0969	20,28	5,68	10,68	0,0366
jul-08	4,60	0,1179	0,0972	20,48	5,77	10,84	0,0379

Mes	Precios unitarios de tarifa MT3							
	Cargo Fijo Mensual	Cargo por Energía Activa en Punta	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa
				Presentes en Punta	Presentes Fuera de Punta	Presentes en Punta	Presentes Fuera de Punta	
				S/./kW-mes	S/./kW-mes	S/./kW-mes	S/./kW-mes	
nov-05	3,45	0,1398	0,1135	26,82	9,62	7,35	8,9200	0,0420
dic-05	3,55	0,1398	0,1135	26,82	9,62	7,61	9,2300	0,0437
ene-06	3,55	0,1398	0,1135	26,82	9,62	7,61	9,2300	0,0437
feb-06	3,58	0,1380	0,1121	26,71	9,58	7,66	9,3000	0,0425
mar-06	3,58	0,1380	0,1121	26,71	9,58	7,66	9,3000	0,0425
abr-06	3,58	0,1380	0,1121	26,71	9,58	7,66	9,3000	0,0425
may-06	3,62	0,1268	0,1133	22,77	8,18	7,18	8,7100	0,0426
jun-06	3,62	0,1268	0,1133	22,79	8,18	7,18	8,7100	0,0426
jul-06	3,62	0,1268	0,1133	22,79	8,18	7,21	8,7500	0,0420
ago-06	3,62	0,1268	0,1133	22,79	8,18	7,21	8,7500	0,0420
sep-06	3,63	0,1268	0,1133	22,79	8,18	7,26	8,8000	0,0417
oct-06	3,63	0,1268	0,1133	22,79	8,18	7,26	8,8000	0,0417
nov-06	3,62	0,1201	0,1073	21,94	7,87	7,25	8,8100	0,0414
dic-06	3,62	0,1201	0,1073	21,94	7,87	7,25	8,8100	0,0414
ene-07	3,62	0,1201	0,1073	21,94	7,87	7,25	8,8100	0,0414
feb-07	3,60	0,1195	0,1068	21,83	7,83	7,26	8,8200	0,0408
mar-07	3,60	0,1195	0,1068	21,83	7,83	7,26	8,8200	0,0408
abr-07	3,57	0,1195	0,1068	21,83	7,83	7,23	8,7700	0,0407
may-07	3,57	0,1188	0,1019	20,03	7,19	7,08	8,6000	0,0403
jun-07	3,58	0,1188	0,1019	20,03	7,19	7,11	8,6300	0,0403
jul-07	3,58	0,1188	0,1019	20,03	7,19	7,11	8,6300	0,0403
ago-07	3,65	0,1283	0,1027	19,60	7,04	7,24	8,7900	0,0402
sep-07	3,65	0,1283	0,1027	19,60	7,04	7,24	8,7900	0,0402
oct-07	3,70	0,1283	0,1027	19,60	7,04	7,31	8,8700	0,0393

nov-07	3,73	0,1291	0,1065	19,29	6,92	7,28	8,8500	0,0385
dic-07	3,73	0,1291	0,1065	19,29	6,92	7,29	8,8500	0,0383
ene-08	3,74	0,1291	0,1065	19,29	6,92	7,30	8,8600	0,0382
feb-08	3,77	0,1274	0,1057	19,05	6,84	7,32	8,8900	0,0375
mar-08	3,77	0,1275	0,1057	19,05	6,84	7,32	8,8900	0,0375
abr-08	3,82	0,1273	0,1055	18,46	6,63	7,34	8,9100	0,0349
may-08	3,85	0,1174	0,0967	15,66	5,62	7,97	9,6800	0,0361
jun-08	3,86	0,1177	0,0969	15,79	5,66	8,01	9,7300	0,0366
jul-08	3,91	0,1177	0,0969	15,79	5,66	8,13	9,8700	0,0379

Mes	Precios unitarios de tarifa MT4						
	Cargo Fijo Mensual	Cargo por Energía Activa	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa
			Presentes en Punta	Presentes Fuera de Punta	Presentes en Punta	Presentes Fuera de Punta	
	S./mes	S./kW.h	S./kW-mes	S./kW-mes	S./kW-mes	S./kVar.h	S./kVar.h
nov-05	3,45	0,1206	26,82	9,62	7,35	8,92	0,0420
dic-05	3,55	0,1206	26,82	9,62	7,61	9,23	0,0437
ene-06	3,55	0,1206	26,82	9,62	7,61	9,23	0,0437
feb-06	3,58	0,1192	26,71	9,58	7,66	9,30	0,0425
mar-06	3,58	0,1192	26,71	9,58	7,66	9,30	0,0425
abr-06	3,58	0,1192	26,71	9,58	7,66	9,30	0,0425
may-06	3,62	0,1170	22,77	8,18	7,18	8,71	0,0426
jun-06	3,62	0,1170	22,79	8,18	7,18	8,71	0,0426
jul-06	3,62	0,1170	22,79	8,18	7,21	8,75	0,0420
ago-06	3,62	0,1170	22,79	8,18	7,21	8,75	0,0420
sep-06	3,63	0,1170	22,79	8,18	7,26	8,80	0,0417
oct-06	3,63	0,1170	22,79	8,18	7,26	8,80	0,0417
nov-06	3,62	0,1108	21,94	7,87	7,25	8,81	0,0414
dic-06	3,62	0,1108	21,94	7,87	7,25	8,81	0,0414
ene-07	3,62	0,1108	21,94	7,87	7,25	8,81	0,0414
feb-07	3,60	0,1103	21,83	7,83	7,26	8,82	0,0408
mar-07	3,60	0,1103	21,83	7,83	7,26	8,82	0,0408
abr-07	3,57	0,1103	21,83	7,83	7,23	8,77	0,0407
may-07	3,57	0,1066	20,03	7,19	7,08	8,60	0,0403
jun-07	3,58	0,1066	20,03	7,19	7,11	8,63	0,0403

jul-07	3,58	0,1066	20,03	7,19	7,11	8,63	0,0403
ago-07	3,65	0,1099	19,60	7,04	7,24	8,79	0,0402
sep-07	3,65	0,1099	19,60	7,04	7,24	8,79	0,0402
oct-07	3,70	0,1099	19,60	7,04	7,31	8,87	0,0393
nov-07	3,73	0,1127	19,29	6,92	7,28	8,85	0,0385
dic-07	3,73	0,1127	19,29	6,92	7,29	8,85	0,0383
ene-08	3,74	0,1128	19,29	6,92	7,30	8,86	0,0382
feb-08	3,77	0,1117	19,05	6,84	7,32	8,89	0,0375
mar-08	3,77	0,1118	19,05	6,84	7,32	8,89	0,0375
abr-08	3,82	0,1115	18,46	6,63	7,34	8,91	0,0349
may-08	3,85	0,1025	15,66	5,62	7,97	9,68	0,0361
jun-08	3,86	0,1027	15,79	5,66	8,01	9,73	0,0366
jul-08	3,91	0,1030	15,95	5,72	8,13	9,87	0,0379

Anexo G

Simulación de pagos a realizar por mes en el suministro A utilizando tarifa MT3

Simulación de pago a realizar por mes en el suministro A														
Mes	Parámetros eléctricos a considerar					Cálculo del factor de calificación			Cálculo del pago total					
	Energía Activa en Hora Punta (kWh)	Energía Activa Fuera de Hora Punta (kWh)	Potencia Activa de Generación (kW)	Potencia Activa de Distribución (kW)	Exceso de Energía Reactiva (kVArh)	No. de días en el mes	No. de días domingos y feriados	FC	Calificación	Pago por alumbrado público S/.	Otros pagos antes de IGV S/.	Otros pagos después de IGV S/.	Pago por Ley 28749 S/.	Pago total S/.
nov-05	23600	78982	324,73	335,49	37989	30	5	0,58	HP	245,00	0,00	0,00	0,00	30086,47
dic-05	20727	68509	258,11	334,15	0	31	5	0,62	HP	242,50	12,69	6,71	0,00	24279,76
ene-06	21636	73273	281,67	330,55	0	31	5	0,59	HP	252,50	283,63	0,02	0,00	26121,48
feb-06	20727	69236	274,33	330,55	320	28	4	0,63	HP	247,50	5,66	-59,36	0,00	24634,75
mar-06	25600	90000	349,38	337,05	9029	31	4	0,54	HP	232,50	71,62	0,00	0,00	31210,20
abr-06	24073	79745	387,49	368,44	15073	30	7	0,54	HP	242,50	12,64	0,00	0,00	31336,17
may-06	25164	84000	342,11	368,44	26415	31	5	0,57	HP	247,50	2848,2	0,00	0,00	32567,65
jun-06	23236	80509	342,47	368,44	17640	30	6	0,57	HP	237,50	56,31	-3379,05	0,00	24666,00
jul-06	19491	64691	265,82	368,44	8309	31	7	0,61	HP	237,50	196,86	3,47	0,00	22973,22
ago-06	22327	72364	298,25	368,44	10793	31	5	0,58	HP	225,00	21,36	-228,51	0,00	24983,80
sep-06	24945	79018	330,33	364,98	15211	30	5	0,60	HP	230,00	48,47	0,00	0,00	27620,09
oct-06	27018	88473	386,33	364,40	19971	31	5	0,54	HP	222,50	31,97	0,00	0,00	30928,92
nov-06	25673	80400	381,53	383,93	15596	30	5	0,54	HP	220,00	21,35	0,00	0,00	28268,51
dic-06	20145	66473	357,09	383,93	5651	31	7	0,47	FP	217,50	19,25	0,00	0,00	19300,62
ene-07	21745	72073	262,11	383,93	6982	31	5	0,64	HP	207,50	12,64	-4670,32	0,00	18406,14
feb-07	21091	69600	258,76	383,93	9375	28	4	0,68	HP	202,50	12,47	0,00	0,00	22599,07

mar-07	24909	85709	353,89	383,93	11324	31	4	0,52	HP	900,00	12,47	0,00	0,00	28585,21
abr-07	24145	78291	353,45	369,31	12178	30	7	0,59	HP	870,00	20,35	0,00	0,00	27396,70
may-07	23709	78145	300,58	355,49	17262	31	5	0,61	HP	930,00	19,72	0,00	702,80	25652,49
jun-07	22109	73127	312,29	353,67	42993	30	6	0,59	HP	0,00	0,00	0,00	657,13	25152,34
jul-07	18291	63855	255,56	353,67	22665	31	6	0,57	HP	0,00	0,00	0,00	566,80	21070,84
ago-07	22073	72000	279,64	353,67	12905	31	5	0,61	HP	580,00	12,60	0,00	649,10	23714,68
sep-07	22036	73091	295,64	332,87	13607	30	5	0,60	HP	560,00	10,93	0,00	656,38	24051,49
oct-07	20836	74727	276,55	306,44	9113	31	5	0,58	HP	0,00	0,00	0,00	659,39	22519,65
nov-07	20364	73127	286,36	303,96	8425	30	5	0,57	HP	560,00	10,80	0,00	645,09	23317,83
dic-07	14691	56582	249,16	291,00	0	31	7	0,49	FP	507,50	41,58	0,00	491,78	15693,95
ene-08	18800	69927	248,73	291,00	0	31	5	0,58	HP	620,00	-26,14	0,00	712,98	21412,06
feb-08	18618	66945	257,78	291,00	0	29	4	0,58	HP	580,00	10,74	0,00	666,65	20995,98
mar-08	20145	76982	335,35	310,85	0	31	7	0,50	HP	560,00	18,06	0,00	575,02	24316,88
abr-08	23782	85236	332,95	334,15	3804	30	4	0,55	HP	810,00	12,55	0,00	658,51	26336,07
may-08	22509	82400	304,04	334,15	11291	31	5	0,57	HP	840,00	66,29	0,00	665,89	23695,65
jun-08	21127	77200	316,69	334,15	19775	30	7	0,58	HP	560,00	70,09	0,00	668,95	23281,46
jul-08	18655	73782	279,16	334,15	15360	31	6	0,53	HP	540,00	11,01	0,00	654,44	21606,48

Anexo H

Diferentes facturaciones del suministro A con las tarifas MT2, MT3 y MT4

Mes	Parámetros eléctricos a considerar									
	Energía Activa en Hora Punta (kWh)	Energía Activa Fuera de Hora Punta (kWh)	Demanda Máxima en HP (kW)	Demanda Máxima en HFP (kW)	Potencia Activa de Generación (kW)	Potencia Activa de Distribución en HP (kW)	Potencia Activa de Distribución en HFP (kW)	Exceso de Potencia Activa de Distribución en HFP (kW)	Potencia Activa de Distribución (kW)	Exceso de Energía Reactiva (kVARh)
nov-05	23600	78982	322	325	324,73	328,22	334,15	5,93	335,49	37989
dic-05	20727	68509	258	245	258,11	320,65	334,15	13,49	334,15	0
ene-06	21636	73273	270	282	281,67	320,65	330,55	9,89	330,55	0
feb-06	20727	69236	274	264	274,33	312,73	330,55	17,82	330,55	320
mar-06	25600	90000	347	349	349,38	334,23	337,05	2,82	337,05	9029
abr-06	24073	79745	387	323	387,49	367,07	337,05	0,00	368,44	15073
may-06	25164	84000	342	328	342,11	367,07	338,47	0,00	368,44	26415
jun-06	23236	80509	335	342	342,47	367,07	345,93	0,00	368,44	17640
jul-06	19491	64691	266	266	265,82	367,07	345,93	0,00	368,44	8309
ago-06	22327	72364	298	260	298,25	367,07	345,93	0,00	368,44	10793
sep-06	24945	79018	330	319	330,33	364,80	335,02	0,00	364,98	15211
oct-06	27018	88473	386	351	386,33	364,22	346,76	0,00	364,40	19971
nov-06	25673	80400	382	348	381,53	383,93	349,31	0,00	383,93	15596
dic-06	20145	66473	357	322	357,09	383,93	349,31	0,00	383,93	5651
ene-07	21745	72073	262	248	262,11	383,93	349,31	0,00	383,93	6982
feb-07	21091	69600	253	259	258,76	383,93	349,31	0,00	383,93	9375

mar-07	24909	85709	354	307	353,89	383,93	349,31	0,00	383,93	11324
abr-07	24145	78291	353	334	353,45	369,31	340,95	0,00	369,31	12178
may-07	23709	78145	301	269	300,58	355,49	328,40	0,00	355,49	17262
jun-07	22109	73127	283	312	312,29	353,67	323,31	0,00	353,67	42993
jul-07	18291	63855	233	256	255,56	353,67	323,31	0,00	353,67	22665
ago-07	22073	72000	280	240	279,64	353,67	323,31	0,00	353,67	12905
sep-07	22036	73091	296	252	295,64	327,02	323,31	0,00	332,87	13607
oct-07	20836	74727	277	242	276,55	298,11	290,65	0,00	306,44	9113
nov-07	20364	73127	286	251	286,36	291,00	283,93	0,00	303,96	8425
dic-07	14691	56582	249	217	249,16	291,00	253,82	0,00	291,00	0
ene-08	18800	69927	249	243	248,73	291,00	251,49	0,00	291,00	0
feb-08	18618	66945	258	238	257,78	291,00	251,49	0,00	291,00	0
mar-08	20145	76982	335	292	335,35	310,85	271,53	0,00	310,85	0
abr-08	23782	85236	333	301	332,95	334,15	296,40	0,00	334,15	3804
may-08	22509	82400	304	267	304,04	334,15	296,40	0,00	334,15	11291
jun-08	21127	77200	317	274	316,69	334,15	296,40	0,00	334,15	19775
jul-08	18655	73782	279	251	279,16	334,15	296,40	0,00	334,15	15360

Mes	Cálculo del factor de calificación				Cálculo del pago total por tarifa						
	No. de días en el mes	No. de días domingos y feriados	Factor de calificación	Calificación	Pago por alumbrado público S/.	Otros pagos antes de IGV S/.	Otros pagos después de IGV S/.	Pago por Ley 28749 S/.	Pago total por MT2 S/.	Pago total por MT3 S/.	Pago total por MT4 S/.
nov-05	30	5	0,58	HP	245,00	0,00	0,00	0,00	32078	30086	30215
dic-05	31	5	0,62	HP	242,50	12,69	6,71	0,00	25811	24280	24385
ene-06	31	5	0,59	HP	252,50	283,63	0,02	0,00	27358	26121	26246
feb-06	28	4	0,63	HP	247,50	5,66	-59,36	0,00	26334	24635	24756
mar-06	31	4	0,54	HP	232,50	71,62	0,00	0,00	33373	31210	31398
abr-06	30	7	0,54	HP	242,50	12,64	0,00	0,00	33846	31336	31471
may-06	31	5	0,57	HP	247,50	2848,25	0,00	0,00	34273	32568	32644
jun-06	30	6	0,57	HP	237,50	56,31	-3379,05	0,00	26100	24666	24749
jul-06	31	7	0,61	HP	237,50	196,86	3,47	0,00	24078	22973	23031
ago-06	31	5	0,58	HP	225,00	21,36	-228,51	0,00	26348	24984	25042
sep-06	30	5	0,60	HP	230,00	48,47	0,00	0,00	29238	27620	27677
oct-06	31	5	0,54	HP	222,50	31,97	0,00	0,00	32979	30929	31003
nov-06	30	5	0,54	HP	220,00	21,35	0,00	0,00	30129	28269	28319
dic-06	31	7	0,47	FP	217,50	19,25	0,00	0,00	26247	19301	19355
ene-07	31	5	0,64	HP	207,50	12,64	-4670,32	0,00	19383	18406	18466
feb-07	28	4	0,68	HP	202,50	12,47	0,00	0,00	23348	22599	22658
mar-07	31	4	0,52	HP	900,00	12,47	0,00	0,00	30229	28585	28669
abr-07	30	7	0,59	HP	870,00	20,35	0,00	0,00	29078	27397	27458
may-07	31	5	0,61	HP	930,00	19,72	0,00	702,80	26817	25652	25745

jun-07	30	6	0,59	HP	0,00	0,00	0,00	657,13	25504	25152	25240
jul-07	31	6	0,57	HP	0,00	0,00	0,00	566,80	21225	21071	21162
ago-07	31	5	0,61	HP	580,00	12,60	0,00	649,10	24681	23715	23848
sep-07	30	5	0,60	HP	560,00	10,93	0,00	656,38	25140	24051	24195
oct-07	31	5	0,58	HP	0,00	0,00	0,00	659,39	23525	22520	22704
nov-07	30	5	0,57	HP	560,00	10,80	0,00	645,09	24492	23318	23460
dic-07	31	7	0,49	FP	507,50	41,58	0,00	491,78	19713	15694	15825
ene-08	31	5	0,58	HP	620,00	-26,14	0,00	712,98	22297	21412	21572
feb-08	29	4	0,58	HP	580,00	10,74	0,00	666,65	21916	20996	21126
mar-08	31	7	0,50	HP	560,00	18,06	0,00	575,02	25685	24317	24499
abr-08	30	4	0,55	HP	810,00	12,55	0,00	658,51	27566	26336	26498
may-08	31	5	0,57	HP	840,00	66,29	0,00	665,89	24380	23696	23865
jun-08	30	7	0,58	HP	560,00	70,09	0,00	668,95	24048	23281	23437
jul-08	31	6	0,53	HP	540,00	11,01	0,00	654,44	22258	21606	21869

Anexo I

Facturaciones del suministro A y C sin proyecto de ahorro energético

Cálculo del pago a realizar por mes del suministro A														
Mes	Parámetros eléctricos a considerar					Cálculo del factor de calificación			Cálculo del pago total					
	Energía Activa en Hora Punta (kWh)	Energía Activa Fuera de Hora Punta (kWh)	Potencia Activa de Generación (kW)	Potencia Activa de Distribución (kW)	Exceso de Energía Reactiva (kVARh)	No. de días en el mes	No. de días domingos y feriados	FC	Calificación	Pago por alumbrado público S/.	Otros pagos antes de IGV S/.	Otros pagos después de IGV S/.	Pago por Ley 28749 S/.	Pago total S/.
nov-05	23600	78982	324,73	335,49	37989	30	5	0,58	HP	245,00	0,00	0,00	0,00	30086,47
dic-05	20727	68509	258,11	334,15	0	31	5	0,62	HP	242,50	12,69	6,71	0,00	24279,76
ene-06	21636	73273	281,67	330,55	0	31	5	0,59	HP	252,50	283,63	0,02	0,00	26121,48
feb-06	20727	69236	274,33	330,55	320	28	4	0,63	HP	247,50	5,66	-59,36	0,00	24634,75
mar-06	25600	90000	349,38	337,05	9029	31	4	0,54	HP	232,50	71,62	0,00	0,00	31210,20
abr-06	24073	79745	387,49	368,44	15073	30	7	0,54	HP	242,50	12,64	0,00	0,00	31336,17
may-06	25164	84000	342,11	368,44	26415	31	5	0,57	HP	247,50	2848,25	0,00	0,00	32567,65
jun-06	23236	80509	342,47	368,44	17640	30	6	0,57	HP	237,50	56,31	-3379,05	0,00	24666,00
jul-06	19491	64691	265,82	368,44	8309	31	7	0,61	HP	237,50	196,86	3,47	0,00	22973,22
ago-06	22327	72364	298,25	368,44	10793	31	5	0,58	HP	225,00	21,36	-228,51	0,00	24983,80
sep-06	24945	79018	330,33	364,98	15211	30	5	0,60	HP	230,00	48,47	0,00	0,00	27620,09
oct-06	27018	88473	386,33	364,40	19971	31	5	0,54	HP	222,50	31,97	0,00	0,00	30928,92
nov-06	25673	80400	381,53	383,93	15596	30	5	0,54	HP	220,00	21,35	0,00	0,00	28268,51
dic-06	20145	66473	357,09	383,93	5651	31	7	0,47	FP	217,50	19,25	0,00	0,00	19300,62
ene-07	21745	72073	262,11	383,93	6982	31	5	0,64	HP	207,50	12,64	-4670,32	0,00	18406,14

feb-07	21091	69600	258,76	383,93	9375	28	4	0,68	HP	202,50	12,47	0,00	0,00	22599,07
mar-07	24909	85709	353,89	383,93	11324	31	4	0,52	HP	900,00	12,47	0,00	0,00	28585,21
abr-07	24145	78291	353,45	369,31	12178	30	7	0,59	HP	870,00	20,35	0,00	0,00	27396,70
may-07	23709	78145	300,58	355,49	17262	31	5	0,61	HP	930,00	19,72	0,00	702,80	25652,49
jun-07	22109	73127	312,29	353,67	42993	30	6	0,59	HP	0,00	0,00	0,00	657,13	25152,34
jul-07	18291	63855	255,56	353,67	22665	31	6	0,57	HP	0,00	0,00	0,00	566,80	21070,84
ago-07	22073	72000	279,64	353,67	12905	31	5	0,61	HP	580,00	12,60	0,00	649,10	23714,68
sep-07	22036	73091	295,64	332,87	13607	30	5	0,60	HP	560,00	10,93	0,00	656,38	24051,49
oct-07	20836	74727	276,55	306,44	9113	31	5	0,58	HP	0,00	0,00	0,00	659,39	22519,65
nov-07	20364	73127	286,36	303,96	8425	30	5	0,57	HP	560,00	10,80	0,00	645,09	23317,83
dic-07	14691	56582	249,16	291,00	0	31	7	0,49	FP	507,50	41,58	0,00	491,78	15693,95
ene-08	18800	69927	248,73	291,00	0	31	5	0,58	HP	620,00	-26,14	0,00	712,98	21412,06
feb-08	18618	66945	257,78	291,00	0	29	4	0,58	HP	580,00	10,74	0,00	666,65	20995,98
mar-08	20145	76982	335,35	310,85	0	31	7	0,50	HP	560,00	18,06	0,00	575,02	24316,88
abr-08	23782	85236	332,95	334,15	3804	30	4	0,55	HP	810,00	12,55	0,00	658,51	26336,07
may-08	22509	82400	304,04	334,15	11291	31	5	0,57	HP	840,00	66,29	0,00	665,89	23695,65
jun-08	21127	77200	316,69	334,15	19775	30	7	0,58	HP	560,00	70,09	0,00	668,95	23281,46
jul-08	18655	73782	279,16	334,15	15360	31	6	0,53	HP	540,00	11,01	0,00	654,44	21606,48
										TOTAL		818783		
										NO. DE MESES		33		
										PROMEDIO		24812		

Cálculo del pago a realizar por mes del suministro C														
Mes	Parámetros eléctricos a considerar					Cálculo del factor de calificación			Cálculo del pago total					
	Energía Activa en Hora Punta (kWh)	Energía Activa Fuera de Hora Punta (kWh)	Potencia Activa de Generación (kW)	Potencia Activa de Distribución (kW)	Exceso de Energía Reactiva (kVArh)	No. de días en el mes	No. de días domingos y feriados	FC	Calificación	Pago por alumbrado público S/.	Otros pagos antes de IGV S/.	Otros pagos después de IGV S/.	Pago por Ley 28749 S/.	Pago total S/.
ene-06	1759	3682	22,72	26,56	1654	31	5	0,60	HP	120,00			0,00	1988,60
may-06	2495	5932	37,04	35,86	1099	31	5	0,52	HP	120,00			0,00	2689,12
jun-06	2305	5605	30,65	35,86	723	30	6	0,63	HP	120,00			0,00	2424,91
jul-06	2059	4595	23,29	35,86	1249	31	7	0,74	HP	120,00			0,00	2079,24
ago-06	2209	5168	30,38	35,86	1182	31	5	0,56	HP	120,00			0,00	2368,01
oct-06	2291	5427	33,19	36,55	875	31	5	0,53	HP	120,00			0,00	2483,86
nov-06	2318	5332	31,80	34,62	814	30	5	0,58	HP	120,00			0,00	2328,29
dic-06	1936	4132	30,95	34,62	1357	31	7	0,52	HP	120,00			0,00	2125,16
ene-07	1773	4145	19,77	34,62	1334	31	5	0,69	HP	120,00			0,00	1810,43
feb-07	1527	3545	17,24	34,62	1342	28	4	0,74	HP	120,00			0,00	1626,90
mar-07	2127	5414	34,23	33,71	1447	31	4	0,46	FP	120,00			0,00	1880,59
abr-07	2536	5891	37,91	36,07	1972	30	7	0,58	HP	120,00			0,00	2647,03
ago-07	2359	5359	28,69	37,21	2212	31	5	0,63	HP	120,00			53,26	2311,14
sep-07	2427	5550	32,40	37,21	1807	31	5	0,58	HP	120,00			55,04	2413,81
oct-07	2236	5305	36,05	36,55	356	31	5	0,48	FP	120,00			52,03	1893,40
nov-07	2291	5441	30,71	34,46	1580	30	5	0,60	HP	120,00			53,35	2317,96
dic-07	1964	3886	30,82	32,35	2227	31	7	0,53	HP	120,00			40,36	2071,34
TOTAL													37460	
NO. DE MESES													17	
PROMEDIO														2204

mar-07	18012	71127	290,92	321,20	0	31	4	0,46	FP	900,00	12,47	0,00	0,00	18773,27
abr-07	18270	64384	305,81	306,58	0	30	7	0,52	HP	870,00	20,35	0,00	0,00	22426,56
may-07	17068	63629	240,50	292,52	0	31	5	0,55	HP	930,00	19,72	0,00	556,81	20016,86
jun-07	15979	59155	283,77	298,36	0	30	6	0,47	FP	0,00	0,00	0,00	518,42	15446,93
jul-07	11905	49404	227,04	298,36	0	31	6	0,42	FP	0,00	0,00	0,00	423,03	13107,80
ago-07	15431	57484	216,67	298,36	0	31	5	0,55	HP	580,00	12,60	0,00	503,11	18218,05
sep-07	15651	59053	232,67	294,79	0	30	5	0,54	HP	560,00	10,93	0,00	515,46	18772,28
oct-07	14195	60211	213,58	262,13	0	31	5	0,51	HP	0,00	0,00	0,00	513,40	17305,36
nov-07	13978	59090	223,39	258,22	0	30	5	0,50	HP	560,00	10,80	0,00	504,17	18189,03
dic-07	8561	42196	188,35	228,03	0	31	7	0,38	FP	507,50	41,58	0,00	350,22	11623,52
ene-08	12159	55411	213,99	228,03	0	31	5	0,44	FP	620,00	-26,14	0,00	564,88	14332,85
feb-08	12232	53321	209,63	228,03	0	29	4	0,47	FP	580,00	10,74	0,00	525,94	13913,45
mar-08	14015	62596	272,38	247,88	0	31	7	0,43	FP	560,00	18,06	0,00	429,16	15960,96
abr-08	17141	71134	272,13	272,26	0	30	4	0,48	FP	810,00	12,55	0,00	510,41	18054,57
may-08	15868	67884	241,07	272,26	0	31	5	0,51	HP	840,00	66,29	0,00	522,93	18708,93
jun-08	15252	63293	253,72	272,26	0	30	7	0,52	HP	560,00	70,09	0,00	520,84	18072,50
jul-08	12269	59331	222,17	272,26	0	31	6	0,44	FP	540,00	11,01	0,00	511,47	14425,87
TOTAL												581960		
NO. DE MESES												33		
PROMEDIO													17635	

Cálculo del pago a realizar por mes del suministro C															
Mes	Parámetros eléctricos a considerar					Cálculo del factor de calificación				Cálculo del pago total					
	Energía Activa en Punta (kWh)	Energía Activa Fuera de Hora Punta (kWh)	Potencia Activa de Generación (kW)	Potencia Activa de Distribución (kW)	Exceso de Energía Reactiva (kVARh)	No. de días en el mes	No. de días domingos y feriados	FC	Calificación	Pago por alumbrado público S/.	Otros pagos antes de IGV S/.	Otros pagos después de IGV S/.	Pago por Ley 28749 S/.	Pago total S/.	
ene-06	6238	12019	57,17	61,01	0	31	5	0,84	HP	120,00			0,00	5185,14	
may-06	6974	14269	71,49	70,31	0	31	5	0,75	HP	120,00			0,00	5661,02	
jun-06	6439	13873	65,10	70,31	0	30	6	0,82	HP	120,00			0,00	5355,44	
jul-06	6193	13277	57,74	70,31	0	31	7	0,89	HP	120,00			0,00	5040,95	
ago-06	6688	13505	64,83	70,31	0	31	5	0,79	HP	120,00			0,00	5338,59	
oct-06	6769	13764	67,64	71,00	0	31	5	0,77	HP	120,00			0,00	5472,14	
nov-06	6624	13428	66,25	69,07	0	30	5	0,80	HP	120,00			0,00	5134,01	
dic-06	6070	12813	65,40	69,07	0	31	7	0,77	HP	120,00			0,00	4954,30	
ene-07	6251	12482	54,22	69,07	0	31	5	0,89	HP	120,00			0,00	4645,96	
feb-07	5661	10987	51,69	69,07	0	28	4	0,91	HP	120,00			0,00	4287,90	
mar-07	6778	13578	68,68	68,16	0	31	4	0,73	HP	120,00			0,00	5209,58	
abr-07	6498	14331	72,36	70,52	0	30	7	0,78	HP	120,00			0,00	5378,93	
ago-07	6838	13696	63,14	71,66	0	31	5	0,83	HP	120,00			141,68	5096,72	
sep-07	6734	13646	66,85	71,66	0	31	5	0,77	HP	120,00			140,62	5160,14	
oct-07	6715	13641	70,50	71,00	0	31	5	0,73	HP	120,00			140,46	5242,05	
nov-07	6597	13537	65,16	68,91	0	30	5	0,81	HP	120,00			138,92	5107,95	
dic-07	6098	12568	65,27	66,80	0	31	7	0,78	HP	120,00			128,79	4883,27	
										TOTAL					87154
										NO. DE MESES					17
										PROMEDIO					5127

Anexo K

Diferentes facturaciones del suministro A con las modificaciones indicadas en el proyecto de ahorro energético con las tarifas MT2, MT3 y MT4.

Mes	Parámetros eléctricos a considerar									
	Energía Activa en Hora Punta (kWh)	Energía Activa Fuera de Hora Punta (kWh)	Demanda Máxima en HP (kW)	Demanda Máxima en HFP (kW)	Potencia Activa de Generación (kW)	Potencia Activa de Distribución en HP (kW)	Potencia Activa de Distribución en HFP (kW)	Exceso de Potencia Activa de Distribución en HFP (kW)	Potencia Activa de Distribución (kW)	Exceso de Energía Reactiva (kVArh)
nov-05	18106	63685	261	284	324.73	297.88	334.15	36.27	335.49	44226
dic-05	19905	72609	317	316	258.11	290.31	334.15	43.83	334.15	0
ene-06	18833	65067	312	313	281.67	290.31	310.30	19.99	330.55	1012
feb-06	13580	50843	288	288	274.33	282.39	310.30	27.92	330.55	7982
mar-06	14633	56209	193	213	349.38	227.03	248.61	21.58	337.05	22457
abr-06	14525	55211	184	224	387.49	188.34	248.61	60.27	368.44	25297
may-06	17523	69728	285	272	342.11	188.34	242.50	54.16	368.44	32988
jun-06	17853	63192	284	300	342.47	188.34	256.28	67.94	368.44	24450
jul-06	16596	62282	231	234	265.82	188.34	256.28	67.94	368.44	9900
ago-06	15543	57911	214	278	298.25	188.34	256.28	67.94	368.44	17164
sep-06	11452	48108	163	221	330.33	234.23	285.81	51.58	364.98	28532
oct-06	14960	56136	210	205	386.33	247.57	252.21	4.63	364.40	33289
nov-06	15197	57758	226	217	381.53	218.45	211.08	0.00	383.93	25532
dic-06	13723	58863	207	207	357.09	218.45	211.08	0.00	383.93	9860
ene-07	13524	57794	217	216	262.11	218.45	211.08	0.00	383.93	13732

feb-07	8125	40952	180	182	258.76	218.45	211.08	0.00	383.93	21859
mar-07	11687	54063	180	208	353.89	218.45	211.08	0.00	383.93	24784
abr-07	11779	52026	189	203	353.45	216.90	210.37	0.00	369.31	23768
may-07	13580	61352	266	257	300.58	193.45	205.13	11.69	355.49	25339
jun-07	16669	69786	264	266	312.29	184.06	234.66	50.60	353.67	45627
jul-07	15396	66536	235	233	255.56	184.06	234.66	50.60	353.67	22729
ago-07	14835	62101	248	240	279.64	184.06	234.66	50.60	353.67	18046
sep-07	11815	58035	210	216	295.64	227.37	234.66	7.29	332.87	21190
oct-07	13723	58863	207	207	276.55	238.06	261.66	23.60	306.44	16006
nov-07	13524	57794	217	216	286.36	213.57	249.33	35.76	303.96	15077
dic-07	8125	40952	180	182	249.16	213.57	224.35	10.78	291.00	5531
ene-08	11687	54063	180	208	248.73	213.57	216.06	2.49	291.00	6493
feb-08	11779	52026	189	203	257.78	213.57	216.06	2.49	291.00	4277
mar-08	13580	61352	266	257	335.35	241.66	236.79	0.00	310.85	4139
abr-08	16669	69786	264	266	332.95	264.96	261.66	0.00	334.15	10573
may-08	15396	66536	235	233	304.04	264.96	261.66	0.00	334.15	18184
jun-08	14835	62101	248	240	316.69	264.96	261.66	0.00	334.15	26192
jul-08	11815	58035	210	216	279.16	264.96	261.66	0.00	334.15	22136

Cálculo del factor de calificación				Cálculo del pago total por tarifa							
No. de días en el mes	No. de días domingos y feriados	Factor de calificación	Calificación	Pago por alumnado público S/.	Otros pagos antes de IGV S/.	Otros pagos después de IGV S/.	Pago por Ley 28749 S/.	Pago total por MTT2 S/.	Pago total por MTT3 S/.	Pago total por MTT4 S/.	Tarifa con menor costo
30	5	0.45	FP	245.00	0.00	0.00	0.00	27090	21398	21523	MT3
31	5	0.59	HP	242.50	12.69	6.71	0.00	28818	24697	24855	MT3
31	5	0.51	HP	252.50	283.63	0.02	0.00	27517	24599	24719	MT3
28	4	0.41	FP	247.50	5.66	-59.36	0.00	23575	16448	16574	MT3
31	4	0.31	FP	232.50	71.62	0.00	0.00	21005	19116	19264	MT3
30	7	0.33	FP	242.50	12.64	0.00	0.00	20787	19833	19974	MT3
31	5	0.39	FP	247.50	2848.25	0.00	0.00	29068	24555	24657	MT3
30	6	0.43	FP	237.50	56.31	-3379.05	0.00	21236	16581	16651	MT3
31	7	0.52	HP	237.50	196.86	3.47	0.00	21898	22291	22372	MT3
31	5	0.40	FP	225.00	21.36	-228.51	0.00	20450	17820	17893	MT3
30	5	0.28	FP	230.00	48.47	0.00	0.00	17677	17003	17082	MT3
31	5	0.30	FP	222.50	31.97	0.00	0.00	20679	19362	19434	MT3
30	5	0.32	FP	220.00	21.35	0.00	0.00	20021	18694	18767	MT3
31	7	0.32	FP	217.50	19.25	0.00	0.00	18535	17619	17712	MT3
31	5	0.40	FP	207.50	12.64	-4670.32	0.00	14199	12065	12156	MT3
28	4	0.26	FP	202.50	12.47	0.00	0.00	15022	14122	14204	MT3
31	4	0.24	FP	900.00	12.47	0.00	0.00	18152	18153	18251	MT3
30	7	0.29	FP	870.00	20.35	0.00	0.00	18115	17650	17737	MT3
31	5	0.35	FP	930.00	19.72	0.00	517.03	21660	18436	18582	MT3

30	6	0.44	FP	0.00	0.00	0.00	596.54	23356	19912	20060	MT3
31	6	0.48	FP	0.00	0.00	0.00	565.33	20768	17723	17872	MT3
31	5	0.41	FP	580.00	12.60	0.00	530.86	21078	18000	18208	MT3
30	5	0.32	FP	560.00	10.93	0.00	481.97	18838	17035	17273	MT3
31	5	0.38	FP	0.00	0.00	0.00	500.85	18496	16094	16298	MT3
30	5	0.38	FP	560.00	10.80	0.00	492.10	19508	16828	16991	MT3
31	7	0.27	FP	507.50	41.58	0.00	338.63	14431	12803	12947	MT3
31	5	0.36	FP	620.00	-26.14	0.00	524.52	16814	15294	15473	MT3
29	4	0.37	FP	580.00	10.74	0.00	605.18	16669	15010	15161	MT3
31	7	0.34	FP	560.00	18.06	0.00	573.53	20465	17246	17438	MT3
30	4	0.39	FP	810.00	12.55	0.00	538.55	22330	19417	19602	MT3
31	5	0.39	FP	840.00	66.29	0.00	488.95	19560	18043	18229	MT3
30	7	0.41	FP	560.00	70.09	0.00	508.11	19407	17644	17808	MT3
31	6	0.34	FP	540.00	11.01	0.00	499.23	17466	16310	16544	MT3

Anexo L

Diferentes facturaciones del suministro C con las modificaciones indicadas en el proyecto de ahorro energético con las tarifas MT2, MT3 y MT4.

Mes	Parámetros eléctricos a considerar									
	Energía Activa en Hora Punta (kWh)	Energía Activa Fuera de Hora Punta (kWh)	Demanda Máxima en HP (kW)	Demanda Máxima en HFP (kW)	Potencia Activa de Generación (kW)	Potencia Activa de Distribución en HP (kW)	Potencia Activa de Distribución en HFP (kW)	Exceso de Potencia Activa de Distribución en HFP (kW)	Potencia Activa de Distribución (kW)	Exceso de Energía Reactiva (kVARh)
ene-06	6238	12019	57	51	57,17	159,75	168,18	8,44	0,00	0
may-06	6974	14269	71	61	71,49	0,00	30,62	30,62	0,00	0
jun-06	6439	13873	65	60	65,10	0,00	30,15	30,15	0,00	0
jul-06	6193	13277	58	55	57,74	0,00	30,15	30,15	0,00	0
ago-06	6688	13505	65	57	64,83	0,00	30,15	30,15	0,00	0
oct-06	6769	13764	68	61	67,64	69,56	60,56	0,00	66,37	0
nov-06	6624	13428	66	63	66,25	66,95	62,05	0,00	66,95	0
dic-06	6070	12813	65	58	65,40	66,95	62,05	0,00	66,95	0
ene-07	6251	12482	54	54	54,22	66,95	62,05	0,00	66,95	0
feb-07	5661	10987	50	52	51,69	66,95	62,05	0,00	66,95	0
mar-07	6778	13578	69	64	68,68	66,95	62,05	0,00	66,95	0
abr-07	6498	14331	72	64	72,36	65,83	63,52	0,00	65,83	0
ago-07	6838	13696	63	58	63,14	70,52	31,88	0,00	70,52	0
sep-07	6734	13646	67	58	66,85	36,18	31,88	0,00	36,18	0
oct-07	6715	13641	71	64	70,50	33,43	0,00	0,00	0,00	0
nov-07	6597	13537	65	58	65,16	66,00	0,00	0,00	33,43	0
dic-07	6098	12568	65	61	65,27	66,00	28,93	0,00	66,00	0

Anexo M

Cálculo de medidas a tomar en proyecto de ahorro energético

Presupuesto de alimentador para sistema eléctrico de iluminación pública

SUMINISTRO DE MATERIALES					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo parcial
1	Conductor NYY de 3x1x16mm ²	m	40	24	960
2	Conductor NYY de 3x1x25mm ²	m	190	38	7125
3	Conductor NYY de 3x1x35mm ²	m	140	53	7350
4	Conductor NYY de 3x1x50mm ²	m	155	75	11625
5	Conductor NYY de 3x1x95mm ²	m	170	143	24225
6	IT de caja moldeada regulable de 3x32A	u	3	280	840
7	IT de caja moldeada regulable de 3x50A	u	3	280	840
8	IT de caja moldeada regulable de 3x63A	u	2	280	560
9	IT de caja moldeada regulable de 3x125A	u	1	280	280
10	Gabinete metálico de 800x600x150	u	1	490	490
11	Transformador trifásico de 25kVA 0.46/0.23kV Dd0	u	3	3900	11700
12	Transformador trifásico de 50kVA 0.46/0.23kV Dd1	u	1	5900	5900
				TOTAL	71895

MANO DE OBRA					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo parcial
1	Zanjado e instalación de conductor NYY de 3x1x16mm ²	m	40	11.00	440
2	Zanjado e instalación de conductor NYY de 3x1x25mm ²	m	190	12.50	2375
3	Zanjado e instalación de conductor NYY de 3x1x35mm ²	m	140	13.00	1820
4	Zanjado e instalación de conductor NYY de 3x1x50mm ²	m	155	14.00	2170
5	Zanjado e instalación de conductor NYY de 3x1x95mm ²	m	170	15.00	2550
5	Instalación de TD	u	1	350.00	350
6	Instalación de transformador trifásico	u	3	450.00	1350
				TOTAL	11055

MATERIALES	71895
MANO DE OBRA	11055
COSTO DIRECTO	82950
UU y GG 10%	8295
SUB-TOTAL	91245
IGV	17336.55
TOTAL	108582

Presupuesto de banco de condensadores de 72kVAR, 0.23kV y 60Hz.

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo parcial
1	-1 gabinete metálico de 1200x600x200	glb	1	4900	4900
2	-1 interruptor termomagnético de 3x200A				
3	-6 bancos de condensadores de 12kVAR, 0,23kV, 60Hz.				
4	-1 regulador de factor de potencia de 6 pasos				
5	-6 contactores de 12kVAR				
6	-10 m de conductor N2XY de 3x1x50mm2				
7	- materiales varios				
8	- confección de banco de condensadores				

Sub total (S/.)	4900,00
IGV (S/.)	931,00
Total (S/.)	5831,00

Presupuesto de cambio de balastos convencionales por electrónicos

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo parcial
1	Balastro electrónico	m	1783	25.00	44575

Sub total (S/.)	44575.00
IGV (S/.)	8469.25
Total (S/.)	53044.25

Presupuesto de cambio de tubos fluorescentes de tipo T-12 a T-8

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo parcial
1	Tubo Fluorescente T-8	m	3456	22.00	76032

Sub total (S/.)	76032.00
IGV (S/.)	14446.08
Total (S/.)	90478.08

Anexo N

Detalle del ahorro de cambio de tubos fluorescentes debido al cambio de balastro convencional por el electrónico.

Precio de fluorescente S/.	28,8
Precio de intercambio cambio de fluorescente S/.	4,32
Precio por renovación de 1 fluorescente S/.	33,12

	Con balastro convencional	Con balastro electrónico
Horas trabajadas por cada tubo fluorescente por mes	250	250
Horas trabajadas por cada tubo fluorescente por año	3000	3000
Horas de vida útil de cada tubo fluorescente	12000	18000
Años en los que se tendría que realizar el cambio de tubos fluorescentes	4,00	6,00
No. De cambios de la totalidad de fluorescentes en 20 años	5	3,33
Totalidad de fluorescentes cambiados por cada renovación	3566	1783
Totalidad de fluorescentes cambiados en 20 años	17830	5943
Costo de pago por cambio de fluorescentes en 20 años en S/.	590530	196843

Ahorro generado en los 20 años S/.	393686
Ahorro promedio por año S/.	19684

Año	Año	Año	Año	Año	Año	Año	Año	Año	Año
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Egresos									
1	Inversión inicial (miles de S/.)								
Total de egresos									

Ingresos									
1	Ahorro en suministro de energía eléctrica (miles de S/.)								
2	Ahorro en reducción de cambio de tubos fluorescentes (miles de S/.)								
Total de ingresos									
	58.13	58.13	58.13	58.13	58.13	58.13	58.13	58.13	58.13
	19.68	19.68	19.68	19.68	19.68	19.68	19.68	19.68	19.68
	77.81	77.81	77.81	77.81	77.81	77.81	77.81	77.81	77.81

Utilidades netas (miles de S/.)									
---------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Indicadores	Valor
VAN neto (miles de S/.)	361.71
TIR	30.01%
Tiempo de retorno	3.31
Rentabilidad	1.40