



La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

APLICACION DE UNA TARIFA HORARIA EN EL ECUADOR EN EL SECTOR RESIDENCIAL Y EDUCATIVO COMO INCENTIVO DE EFICIENCIA ENERGETICA

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO
ELECTRICO**

JUAN PABLO REINOSO CAMINO
jpablo_reinoso@yahoo.es

DIRECTOR: ING. LUIS ANTONIO BAYAS PAREDES
antonio.bayas@epn.edu.ec

Quito, Diciembre 2014

DECLARACION

Yo Juan Pablo Reinoso Camino, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Juan Pablo Reinoso Camino

CERTIFICACION

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Juan Pablo Reinoso Camino, bajo mi supervisión.

Ing. Luis Antonio Bayas Paredes
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Por toda esa paciencia, comprensión, confianza, tiempo dedicado y apoyo en todos los momentos, más cuando la carga se tornaba pesada le agradezco a mi amiga, mi compañera, mi secretaria, mi ayudante, mi esposa... ¡Cuántas cosas buenas he podido hacer gracias a ella....! a mi primogénito, a ustedes mi hogar Fedra y Pablo Ariel

A toda mi familia que siempre ha estado apoyándome en todos los momentos que la vida nos propone, en especial a mis padres que son dos seres dignos de admiración, a mis hermanos.

A la institución que siempre tuvo la apertura y disponibilidad de facilitarme toda la información necesaria para que pueda desarrollar este proyecto, en especial para el Ing. Antonio Bayas que puso su confianza y su apoyo en mí.

A todas las personas que de alguna manera han contribuido con su granito de arena para la realización del proyecto mi especial cariño y gratitud.

CONTENIDO

| | |
|--|------|
| DECLARACION..... | I |
| CERTIFICACION..... | II |
| AGRADECIMIENTOS | III |
| CONTENIDO..... | IV |
| INDICE DE GRAFICOS Y FIGURAS..... | VII |
| INDICE DE TABLAS | X |
| PRESENTACION | XII |
| RESUMEN | XIII |
| CAPITULO 1..... | 1 |
| INTRODUCCION..... | 1 |
| 1.1 GENERALIDADES | 1 |
| 1.2 OBJETIVOS | 2 |
| 1.2.1 OBJETIVO GENERAL | 2 |
| 1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS | 2 |
| 1.3 ALCANCE..... | 3 |
| 1.4 JUSTIFICACION DEL PROYECTO..... | 3 |
| 1.4.1 JUSTIFICACION TEORICA | 3 |
| 1.4.2 JUSTIFICACION TECNICA..... | 4 |
| 1.4.3 JUSTIFICACION PRACTICA | 4 |
| CAPITULO 2..... | 5 |
| EVALUACION ENERGETICA..... | 5 |
| 2 INTRODUCCION..... | 5 |
| 2.1 PRIMER CASO DE APLICACIÓN – EVALUACION ENERGETICA DEL EDIFICIO ANTIGUO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA | 5 |
| 2.1.1 INFORMACION GENERAL..... | 6 |
| 2.1.2 TARIFA ELECTRICA DE CONSUMO | 7 |
| 2.1.3 RESUMEN DE CONSUMO ELECTRICO..... | 9 |
| 2.1.3.1 Análisis de Tendencias..... | 12 |
| 2.1.4 CARGA ELECTRICA | 13 |
| 2.1.4.1 Iluminación | 13 |
| 2.1.4.2 Fuerza | 14 |
| 2.1.4.3 Datos y Comunicaciones | 15 |
| 2.1.5 MEDICIONES | 15 |
| 2.1.5.1 Objetivo | 16 |

| | | |
|----------|---|----|
| 2.1.5.2 | Resultado de las mediciones | 16 |
| 2.1.5.3 | Conclusiones de las mediciones y recomendaciones | 25 |
| 2.1.6 | INDICES DE CONSUMO ENERGETICO..... | 30 |
| 2.1.7 | MEDIDAS DE AHORRO DE ENERGIA | 31 |
| 2.1.7.1 | Administrativas y otras..... | 31 |
| 2.1.7.2 | Medidas tecnológicas | 34 |
| 2.1.8 | PRIORIZACIÓN DE LAS MEDIDAS DE AHORRO PROPUESTAS | 42 |
| 2.1.9 | ADOPCION DE LAS MEDIDAS DE AHORRO..... | 44 |
| 2.1.10 | GESTION DE ENERGIA..... | 44 |
| 2.1.10.1 | Comité de gestión de energía..... | 44 |
| 2.1.10.2 | Plan de gestión energética | 44 |
| 2.2 | SEGUNDO CASO DE APLICACION - EVALUACION ENERGETICA A UNA RESIDENCIA..... | 45 |
| 2.2.1 | INFORMACION GENERAL..... | 45 |
| 2.2.2 | TARIFA ELECTRICA DE CONSUMO | 46 |
| 2.2.3 | RESUMEN DE CONSUMO ELECTRICO..... | 48 |
| 2.2.3.1 | Análisis | 50 |
| 2.2.4 | CARGA ELECTRICA | 50 |
| 2.2.4.1 | Iluminación | 51 |
| 2.2.4.2 | Equipos | 51 |
| 2.2.5 | MEDICIONES | 53 |
| 2.2.5.1 | Resultado de las mediciones | 53 |
| 2.2.5.2 | Conclusiones y recomendaciones de las mediciones | 58 |
| 2.2.6 | INDICES DE CONSUMO ENERGETICO..... | 59 |
| 2.2.7 | MEDIDAS DE AHORRO DE ENERGIA | 59 |
| 2.2.7.1 | Administrativas y otras..... | 59 |
| 2.2.7.2 | Medidas tecnológicas | 62 |
| 2.2.8 | PRIORIZACION DE LAS MEDIDAS DE AHORRO PROPUESTAS | 67 |
| 2.2.9 | ADOPCION DE LAS MEDIDAS DE AHORRO..... | 68 |
| | CAPITULO 3..... | 69 |
| | NUEVO DISEÑO | 69 |
| 3.1 | ANTECEDENTES..... | 69 |
| 3.2 | PROYECTO PILOTO DE ILUMINACION EFICIENTE–PROYECTO SEMILLA..... | 69 |
| 3.2.1 | DESCRIPCION DEL PROYECTO..... | 69 |
| 3.2.2 | ANALISIS DE RESULTADOS..... | 72 |
| 3.2.3 | PLANTEAMIENTO DE UN REDISEÑO AL SISTEMA DE ILUMINACION DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA (FIE) | 76 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 3.2.3.1 | Generalidades | 76 |
| 3.2.3.2 | Criterios de diseño..... | 76 |
| 4 | APLICACION DE LA TARIFA HORARIA | 86 |
| 4.1 | INTRODUCCION..... | 86 |
| 4.2 | IMPACTO DE LA APLICACION DE LA TARIFA HORARIA..... | 86 |
| 4.2.1 | PRIMER CASO DE ESTUDIO EDIFICIO ANTIGUO DE LA FIE-CONDICION ACTUAL Y AHORROS CON LA TARIFA ACTUAL VIGENTE | 86 |
| 4.2.1.1 | Condición actual y la tarifa horaria propuesta | 91 |
| 4.2.2 | INCENTIVO AL VALOR DE LA TARIFA HORARIA PROPUESTA..... | 94 |
| 4.2.3 | APLICACION DE LA TARIFA HORARIA - RESIDENCIA..... | 98 |
| 4.2.3.1 | Aplicación de la tarifa horaria..... | 98 |
| 4.3 | CRITERIOS DE ACEPTACION DE LA TARIFA HORARIA | 105 |
| 4.3.1 | ANALISIS DE LOS RESULTADOS | 107 |
| | CAPITULO 5..... | 112 |
| | EVALUACION ECONOMICA..... | 112 |
| 5.1 | ANTECEDENTES..... | 112 |
| 5.2 | CRITERIOS DE EVALUACION ECONOMICA..... | 112 |
| 5.3 | ANALISIS DE LA EVALUACION ECONOMICA..... | 114 |
| 5.3.1 | SISTEMA DE ILUMINACION | 114 |
| 5.3.1.1 | Primer Escenario – Aplicación con la tarifa propuesta | 114 |
| 5.3.1.2 | Segundo Escenario – Aplicación con la tarifa vigente..... | 115 |
| 5.3.1.3 | Primer Escenario – Alternativa con la Tarifa Propuesta | 116 |
| 5.3.1.4 | Segundo Escenario – Alternativa con la Tarifa Vigente | 117 |
| 5.3.2 | SISTEMA DE COMUNICACIONES Y DATOS | 118 |
| 5.3.2.1 | Primer Escenario – Aplicación con la Tarifa Propuesta..... | 118 |
| 5.3.2.2 | Segundo Escenario – Aplicación con la Tarifa Vigente | 119 |
| 5.3.3 | SISTEMA DE FUERZA | 120 |
| | CAPITULO 6..... | 121 |
| | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 121 |
| 6.1 | CONCLUSIONES..... | 121 |
| 6.2 | RECOMENDACIONES..... | 123 |
| | BIBLIOGRAFIA..... | 125 |
| | PAGINAS WEB..... | 127 |
| | ANEXOS | |

INDICE DE GRAFICOS Y FIGURAS

| | | |
|---------------------|---|----|
| Gráfico 2.1 | Áreas representativas en porcentaje | 6 |
| Gráfico 2.2 | Resumen mensual de energía consumida y demanda facturada en un año... | 10 |
| Gráfico 2.3 | Pago por consumo de energía mensualmente..... | 11 |
| Gráfico 2.4 | Potencia Instalada | 13 |
| Gráfico 2.5 | Curva de carga diaria del edificio - día 25 de Marzo 2010 | 19 |
| Gráfico 2.6 | Curva de carga diaria para el mes en estudio del edificio–día 30 de Marzo 2010 | 20 |
| Gráfico 2.7 | Consumo y ahorro de energía y USD en un año aplicando medidas administrativas..... | 34 |
| Gráfico 2.8 | Consumo y ahorro de energía y económico que anualmente se tendrían al aplicarse la sustitución de luminarias. [Ídem al gráfico 3.2]..... | 37 |
| Gráfico 2.9 | Consumo y ahorros económicos y de energía, que anualmente se tendrían al aplicarse la sustitución de motores. | 39 |
| Gráfico 2.10 | Consumo y Ahorros de energía y económicos que se tendría al aplicar la sustitución de motores antiguos por los de LCD. | 42 |
| Gráfico 2.11 | Consumo y Ahorro totales de energía y económico que se obtendría al aplicarse todas las medidas de ahorro planteadas. | 43 |
| Gráfico 2.12 | Instalaciones que componen la residencia de acuerdo a su uso..... | 46 |
| Gráfico 2.13 | Resumen de consumo y pago por servicio de energía mensualmente de la residencia en estudio..... | 49 |
| Gráfico 2.14 | Potencia Instalada | 51 |
| Gráfico 2.15 | Curva de carga diaria de la residencia - día 03 de Septiembre 2010 | 54 |
| Gráfico 2.16 | Consumo y ahorros de energía y USD en un año aplicando medidas administrativas en la residencia. | 62 |
| Gráfico 2.17 | Consumo y ahorros de energía y económico que anualmente se tendrían al aplicarse la sustitución de luminarias..... | 64 |
| Gráfico 2.18 | Consumo y ahorro de energía y económico que anualmente se tendrían al aplicarse la sustitución de artefactos eléctricos en la residencia..... | 67 |
| Gráfico 2.19 | Consumo y ahorro de energía y económico que anualmente se obtendrían al aplicarse todas las medidas de ahorro propuestas | 68 |
| Gráfico 3.1 | Curva de consumo de energía para cada aula de estudio. | 73 |
| Gráfico 3.2 | Consumo y ahorro de energía y económico que anualmente se obtendrían al aplicarse el nuevo sistema de iluminación. | 85 |
| Gráfico 4.1 | Curvas de carga en un día en el Edificio Antiguo Facultad Eléctrica..... | 87 |

| | | |
|---------------------|---|-----|
| Gráfico 4.2 | Consumo de energía y ahorro anuales al aplicarse las medidas de ahorro de energía. | 89 |
| Gráfico 4.3 | Ahorros económicos generados por la aplicación de medidas de ahorro evaluados con la tarifa actual | 90 |
| Gráfico 4.4 | Valores a pagarse y ahorro económico por el consumo de energía aplicando tarifa horaria en energía y demanda. | 92 |
| Gráfico 4.5 | Comparación de resultados económicos entre tarifas..... | 93 |
| Gráfico 4.6 | Comparación de los valores a pagar por el consumo de energía entre la tarifa horaria e incentivo. | 97 |
| Gráfico 4.7 | Curva de demanda – día de la residencia en condiciones actuales y con la aplicación de medidas de ahorro propuestas..... | 98 |
| Gráfico 4.8 | Curva de demanda en un día en la residencia si se traslada las actividades realizadas en la hora pico a otro horario..... | 99 |
| Gráfico 4.9 | Consumo de energía anual aplicando las medidas de ahorro propuestas | 100 |
| Gráfico 4.10 | Valores a pagar por el consumo de energía aplicándose la tarifa vigente según el pliego tarifario..... | 101 |
| Gráfico 4.11 | Valores a pagar anualmente y ahorros por el consumo de energía aplicando la tarifa horaria propuesta..... | 102 |
| Gráfico 4.12 | Valores a pagarse y ahorros obtenidos al aplicarse la tarifa horaria más incentivos | 103 |
| Gráfico 4.13 | Comparación de los resultados en orden económico obtenidos con el análisis de las diferentes tarifas | 104 |
| Gráfico 4.14 | Resultado obtenido en la encuesta referente a la primera pregunta. | 107 |
| Gráfico 4.15 | Resultado obtenido en la encuesta referente a la segunda pregunta..... | 108 |
| Gráfico 4.16 | Resultado obtenido en la encuesta referente a la tercera pregunta. | 108 |
| Gráfico 4.17 | Resultado obtenido en la encuesta referente a la cuarta pregunta. | 109 |
| Gráfico 4.18 | Resultado obtenido en la encuesta referente a la quinta pregunta..... | 109 |
| Gráfico 4.19 | Resultados obtenidos en la encuesta referente a la sexta pregunta. | 110 |
| Gráfico 4.20 | Resultado obtenido en la encuesta referente a la séptima pregunta..... | 110 |
| Gráfico 4.21 | Resultados obtenidos en la encuesta referente a la octava pregunta. | 111 |
| Figura 2.1 | Factura Eléctrica de EPN INGENIERIA QUIMICA..... | 8 |
| Figura 2.2 | Voltajes y Corrientes..... | 21 |
| Figura 2.3 | Potencia Activa - Reactiva y total..... | 22 |
| Figura 2.4 | Energía Activa – Reactiva y Total | 23 |
| Figura 2.5 | Factor de Potencia..... | 24 |
| Figura 2.6 | Factura Eléctrica de LA RESIDENCIA EN ESTUDIO. | 47 |
| Figura 2.7 | Instalación del analizador redes en el TPD de la residencia. | 53 |

| | | |
|--------------------|---|-----|
| Figura 2.8 | Voltajes y Corrientes..... | 55 |
| Figura 2.9 | Potencia Activa - Reactiva y total de la residencia..... | 56 |
| Figura 2.10 | Energía Activa – Reactiva y Total..... | 57 |
| Figura 3.1 | Cálculo obtenido del número de luminarias para el aula a evaluarse..... | 80 |
| Figura 4.1 | Modelo de la encuesta aplicada | 106 |

INDICE DE TABLAS

| | | |
|--------------------|--|----|
| Tabla 2.1 | Áreas representativas en función de su ocupación..... | 6 |
| Tabla 2.2 | Resumen Anual del Consumo Eléctrico..... | 9 |
| Tabla 2.3 | Potencia Instalada en iluminación..... | 14 |
| Tabla 2.4 | Nivel de iluminación en el edificio y niveles de iluminación según el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público 2010 (RETILAP)... | 14 |
| Tabla 2.5 | Potencia instalada correspondiente a fuerza | 15 |
| Tabla 2.6 | Potencia demandada correspondiente a Datos y Comunicaciones..... | 15 |
| Tabla 2.7 | Comparación entre energía medida y levantada..... | 18 |
| Tabla 2.8 | Indicadores Energéticos | 30 |
| Tabla 2.9 | Consumo y ahorro de energía aplicando medidas administrativas | 33 |
| Tabla. 2.10 | Cantidad de luminarias y vatios instalados por piso..... | 35 |
| Tabla 2.11 | Ahorro de la Potencia Instalada aplicando la medida [ídem a la tabla 3.6]..... | 36 |
| Tabla 2.12 | Consumo y ahorro tanto en energía como económico al aplicarse la sustitución de luminarias. [ídem a la tabla 3.7]. | 36 |
| Tabla 2.13 | Consumo y ahorros de energía y económicos al sustituir motores | 39 |
| Tabla 2.14 | Potencia Instalada en Datos y Comunicaciones | 41 |
| Tabla 2.15 | Consumo y ahorros de energía y económicos referente a este rubro | 41 |
| Tabla 2.16 | Priorización de las medidas de ahorro de energía propuestas..... | 42 |
| Tabla 2.17 | Consumo y ahorro totales de energía y económicos al aplicarse todas las medidas de ahorro de energías planteadas..... | 43 |
| Tabla 2.18 | Resumen Anual del Consumo de Energía en la residencia. | 48 |
| Tabla 2.19 | Potencia Instalada en iluminación..... | 51 |
| Tabla 2.20 | Potencia instalada correspondiente a equipos existentes para este caso..... | 53 |
| Tabla 2.21 | Indicadores Energéticos | 59 |
| Tabla 2.22 | Consumo y ahorro de energía aplicando medidas administrativas en la residencia..... | 62 |
| Tabla 2.23 | Ahorro de la Potencia Instalada aplicando la medida..... | 63 |
| Tabla 2.24 | Consumo y ahorro tanto en energía como económico al aplicarse la sustitución de lámparas en la residencia. | 63 |
| Tabla 2.25 | Consumo y ahorros de energía y económicos al sustituir los artefactos eléctricos | 66 |
| Tabla 2.26 | Priorización de las medidas de ahorro de energía propuestas..... | 67 |
| Tabla 2.27 | Consumo y ahorro de energía al aplicarse todas las medidas de ahorro propuestas Priorización de las medidas de ahorro de energía propuestas | 68 |

| | | |
|-------------------|--|-----|
| Tabla 3.1 | Características técnicas de las aulas a evaluarse..... | 71 |
| Tabla 3.2 | Resumen de las lecturas de energía para cada aula de estudio..... | 72 |
| Tabla 3.3 | Análisis de rentabilidad y ahorro de energía | 75 |
| Tabla 3.4 | Medición del nivel de iluminación actual y propuesta en el edificio. | 78 |
| Tabla 3.5 | Potencia instalada actual y potencia instalada propuesta en el edificio de la FIE..... | 83 |
| Tabla 3.6 | Potencia Instalada aplicando el nuevo sistema de iluminación. | 84 |
| Tabla 3.7 | Consumo y ahorro de energía económico al aplicarse el nuevo sistema de iluminación. | 84 |
| Tabla 4.1 | Valor en dólares del kWh y demanda para la tarifa de tipo G7 | 88 |
| Tabla 4.2 | Aplicación de incentivos al valor de la tarifa horaria por el ahorro de energía. | 96 |
| Tabla 4.3 | Ahorros de energía en kWh y porcentaje generados por la aplicación de medidas de ahorro..... | 96 |
| Tabla 5.1 | Inversión inicial del nuevo sistema de iluminación | 115 |
| Tabla 5.2 | Ingresos anuales aplicando los valores de la tarifa propuesta en el proyecto | 115 |
| Tabla 5.3 | Inversión inicial del nuevo sistema de iluminación – alternativa..... | 116 |
| Tabla 5.4 | Ingresos anuales aplicando los valores de la tarifa propuesta del proyecto. . | 116 |
| Tabla 5.5 | Flujos del proyecto y evaluación de criterios económicos - alternativa | 117 |
| Tabla 5.6 | Ingresos anuales aplicando los valores de la tarifa vigente del proyecto | 117 |
| Tabla 5.7 | Flujos del proyecto y evaluación de criterios económicos – alternativa..... | 118 |
| Tabla 5.8 | Inversión inicial del nuevo sistema de comunicación y datos..... | 119 |
| Tabla 5.9 | Ingresos anuales aplicando los valores de la tarifa propuesta del proyecto .. | 119 |
| Tabla 5.10 | Flujos del proyecto y evaluación de criterios económicos..... | 119 |

PRESENTACION

La energía es y seguirá siendo, la base económica esencial del mundo. El sector administrativo puede reducir su consumo de energía de manera importante en el curso de los años venideros sin afectar o sufrir su productividad. Con otras palabras: Eficiencia energética significa eficacia de costos, o sea, una clara ventaja competitiva.

Los impactos económicos y medio ambientales por la utilización de sistemas de energía ineficientes son notables para un país, donde en las horas pico del sistema tiene que poner a generar a todas sus centrales térmicas, involucrando costos directos e indirectos elevados en el valor de la tarifa.

Un edificio dependiendo de su construcción, el estado de sus instalaciones y su uso puede consumir una gran cantidad de energía, provocando un enorme impacto directo e indirecto sobre el medio ambiente y sobre la parte económica.

El modelo de ahorro de energía en el cual se integre las oportunidades tecnológicas y vaya de la mano con la aplicación de una tarifa real horaria, sensibilizará al usuario a reducir la demanda, a reducir su consumo y forzaría a crear una cultura de ahorro y uso racional de la energía.

RESUMEN

El proyecto ha escogido dos entes de análisis, el primero el Edificio de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional y el segundo una residencia que tiene en promedio un consumo de 500kWh mensual. En las dos áreas de estudio se aplicó una evaluación energética identificando los sectores potenciales de consumo de energía y los puntos donde se puede mejorar, proponiendo la aplicación de medidas de ahorro para conseguir una reducción en el consumo de este recurso y concienciar al usuario en usar de forma racional la energía.

Como parte del proyecto se ha consultado a la población, cual sería su nivel de aceptación de una tarifa horaria, cuyo impacto se reflejaría directamente en el costo de la facturación; obteniéndose que un 85% de la muestra encuestada acepta la aplicación de una tarifa diferenciada.

El proyecto está compuesto de la siguiente forma:

En el primer capítulo se presenta una introducción del proyecto. El segundo capítulo está compuesto por las evaluaciones energéticas realizados a los casos de estudio; para cada caso de estudio se ha presentado los ahorros que se obtendrían si se aplican el modelo de ahorro sugerido. En el tercer capítulo se ha propuesto un rediseño al sistema de iluminación existente del Edificio.

El cuarto capítulo analiza la aplicación de una tarifa horaria considerando el impacto que se obtendría si se aplica dicha tarifa al sistema actual y al sistema propuesto. En este capítulo se hace un análisis del criterio de aceptación de la tarifa propuesta. En el capítulo cinco se realiza una evaluación económica a las medidas propuestas.

Finalmente presentamos las conclusiones obtenidas del análisis del proyecto. Teniendo en cuenta que cualquier cambio que sea encaminado a políticas de eficiencia energética es una inversión a futuro.

CAPITULO 1.

INTRODUCCION

1.1 GENERALIDADES

La energía es un elemento clave en el desarrollo económico y social. La energía ahorrada ha permitido preservar el principal recurso natural, el petróleo; con la consiguiente reducción de emisiones de contaminantes ambientales. También ha servido para poder suministrar electricidad a miles de familias que se están conectando a la red como consecuencia de una política de expansión que se viene desarrollando en el país; y lo más importante, es que posibilita que nuestros costos energéticos, como país, sean menores, lo que ayudará a mejorar nuestra competitividad a nivel nacional.

El aumento del consumo de energía, derivado del crecimiento económico y de la tendencia a satisfacer un mayor número de necesidades, hace cada vez más urgente la integración de aspectos medioambientales y de un desarrollo sostenible en la política energética.

Un edificio dependiendo de su construcción, el estado de sus instalaciones y su uso puede consumir una gran cantidad de energía, provocando un enorme impacto directo e indirecto sobre el medio ambiente.

El uso racional y eficiente de la energía, así como de los recursos naturales en general constituye una prioridad indiscutible y necesaria. De hecho, forma parte de las principales estrategias y decisiones políticas que afectan al desarrollo económico-social.

La eficiencia energética es y será uno de los puntos clave del crecimiento de la economía de un país, relacionada de forma directa con sus niveles de productividad. Según la propia Comisión Europea, "...la eficiencia energética debe ser llevada hasta

un nuevo nivel con un potencial alcanzable de reducción del 20%, lo cual conllevará el desarrollo de políticas decididas para mejorar la eficiencia energética a lo largo de todo el sistema productivo desde las fuentes hasta el usuario final...” [1]

Con la finalidad de contribuir a que nuestro sector productivo y de servicios sea cada vez más eficiente, desde el punto de vista energético; se ha propuesto la aplicación de una tarifa horaria, la cual sensibilizará a la demanda, constituida por los usuarios; a reducir el consumo de energía, forzando a que se implementen programas de uso racional de este recurso y con la ventaja de que cualquier programa implementado, pueda pagarse con los propios ahorros que se generen de dicha implementación.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar la aplicación de una tarifa horaria en el Ecuador como incentivo de eficiencia energética para dos casos específicos, en el sector residencial y en el educativo, que logre disminuir el consumo de energía eléctrica y la demanda durante la hora pico del sistema eléctrico de potencia y así promover un uso racional y eficiente de este recurso.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Realizar una evaluación energética de las instalaciones del antiguo Edificio de la Facultad de Eléctrica de la Escuela Politécnica Nacional y de una residencia a fin de determinar el consumo de energía.

Determinar y establecer un modelo de ahorro de energía en el cual se integre las oportunidades de ahorro de energía, proponiendo algunos criterios de eficiencia energética; para así poder evaluar económicamente los volúmenes de ahorro alcanzables a mediano y largo plazo tomando como referencia la nueva tarifa, con el fin de a crear una cultura de ahorro y uso racional de la energía.

Realizar encuestas para conocer el grado de aceptación de la implementación de una tarifa horaria en las horas pico del sistema eléctrico ecuatoriano, para reducir la demanda y consumo de energía eléctrica y evitar el funcionamiento de centrales térmicas que contaminan el ambiente.

1.3 ALCANCE

Tomando como base que esta tesis participa en el Proyecto de Investigación Semilla “La tarifa horaria en el Ecuador como incentivo de eficiencia energética”, en el cual se determina un valor de tarifa horaria de demanda y energía eléctrica para las horas pico del Sistema Eléctrico Ecuatoriano, la misma que propone, aplicarse a un segmento de usuarios residenciales e industriales y se pueda conseguir en el caso de implementarse en el país, la reducción en el consumo de energía eléctrica, demanda, generación termoeléctrica ineficiente, en las horas pico del sistema y emisiones de gases de efecto invernadero que afectan al cambio climático...”^[2] y a través de la realización de una evaluación energética a los dos casos a estudiarse, las mismas que son el Edificio Antiguo de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional y a una Residencia, se pretende obtener información sobre el consumo y costo de la energía, que se paga anualmente en dichos casos. Para posteriormente, aplicar un modelo de una tarifa horaria de incentivo a estos dos casos, con el fin de identificar las oportunidades de ahorro mediante una valoración económica. Y al mismo tiempo conocer la opinión de los usuarios sobre este modelo de tarifa, mediante la ayuda de encuestas.

1.4 JUSTIFICACION DEL PROYECTO

1.4.1 JUSTIFICACION TEORICA

El presente proyecto, que es parte del Proyecto de Investigación Semilla “La Tarifa Horaria en el Ecuador como Incentivo de Eficiencia Energética”; pretende a través de una evaluación energética obtener el comportamiento de la carga de los dos casos a

evaluarse; los mismos que, al ser aplicados una tarifa horaria por el servicio eléctrico, se incentive al usuario a tomar conciencia de un correcto uso de este recurso y hacer que sea una práctica común el aplicar criterios de Eficiencia Energética, con el afán de reducir el consumo de energía en dichos sectores para así disminuir los costos energéticos como país, lo que ayudará a mejorar la competitividad a nivel nacional internacional.

1.4.2 JUSTIFICACION TECNICA

El proyecto se desarrollará basado en la aplicación de mediciones de los parámetros eléctricos más importantes; con el propósito de conocer el consumo real de energía de los casos a evaluarse. Cabe indicar que su vez se realizará un levantamiento de carga de dichas instalaciones, para encontrar las oportunidades de ahorro de energía y posteriormente integrar criterios de eficiencia energética, los mismos que serán evaluados económicamente y así crear una cultura de ahorro y uso racional de la energía.

1.4.3 JUSTIFICACION PRACTICA

El proyecto aportará a los sectores evaluados una alternativa para disminuir el consumo de energía, tomando en cuenta criterios eficientes y políticas de ahorro y así disminuir los elevados pagos por el servicio eléctrico, con el único fin de reducir el consumo de generación térmica.

CAPITULO 2.

EVALUACION ENERGETICA

2 INTRODUCCION

El presente capítulo abarca la evaluación energética que se aplicó a los dos casos propuestos en el proyecto, siendo el primer estudio el Edificio Antiguo de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional que se identifica con el sector educativo; el segundo corresponde al sector residencial, para lo cual se ha escogido una residencia cuyo promedio de consumo de energía es de 500kWh mensuales y en la cual no se ha implementado medidas de ahorro de energía.

El desarrollo de la evaluación energética de los dos casos de estudio, engloba temáticas tales como la tarifa aplicada, el análisis del consumo eléctrico durante un año y el levantamiento de carga, constituyendo éste último la base para el desarrollo de los próximos capítulos cuyo detalle consta en el Anexo B para el primer caso de estudio. Además se incluye temas como la medición de los parámetros eléctricos más relevantes con la obtención de la curva de carga diaria e identificación de las horas de máxima demanda.

Finalmente se han identificado las oportunidades de ahorro de energía y en conjunto se ha propuesto un modelo de ahorro que integre criterios y políticas de eficiencia energética y así crear una cultura de ahorro y uso racional de la energía.

2.1 PRIMER CASO DE APLICACIÓN – EVALUACION ENERGETICA DEL EDIFICIO ANTIGUO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

2.1.1 INFORMACION GENERAL

El edificio antiguo de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Escuela Politécnica Nacional, se encuentra ubicado en el área norte del Campus Politécnico “José Rubén Orellana”, entre las avenidas Isabel la Católica y N123 Alfredo Mena Caamaño en la parroquia la Floresta; limitando por el Norte con el parqueadero perteneciente al SRI, por el Sur con la Facultad de Ingeniería Mecánica, al Este con la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y por el Oeste con el Edificio de Ingeniería Eléctrica - Química. El edificio está compuesto por un subsuelo, una planta baja y dos pisos. El área del subsuelo se encuentra ocupada en su gran mayoría por laboratorios y aulas. La planta baja y el primer piso está ocupado por las oficinas administrativas de la facultad, aulas y laboratorios, el segundo piso está ocupado por laboratorios, una aula magna y oficinas de profesores. Las áreas más representativas en función de su ocupación se muestran en la tabla 2.1 y su respectiva distribución en porcentaje se puede observar en el gráfico 2.1

| Laboratorios | Oficinas | Aulas | Pasillos | Otras | TOTAL [m ²] |
|--------------|----------|--------|----------|--------|-------------------------|
| 1328.19 | 850.14 | 609.44 | 515.15 | 452.16 | 3755.08 |

Tabla 2.1 Áreas representativas en función de su ocupación

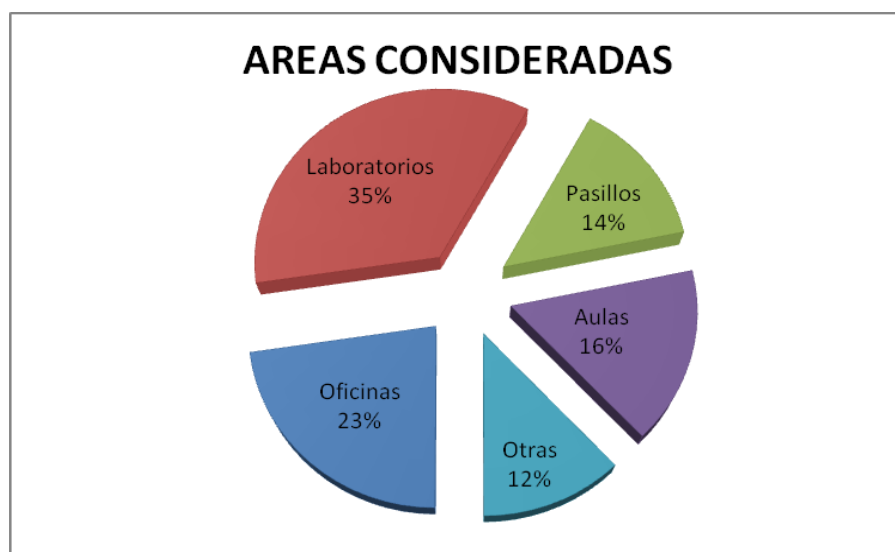



Gráfico 2.1 Áreas representativas en porcentaje

En el subsuelo se ubica la cámara de transformación cuyo transformador es de una potencia de 150 kVA - N° 2493.

Existe un solo medidor de energía eléctrica de la Empresa Eléctrica Quito S.A. – E.E.Q.S.A., que registra el consumo de energía de los edificios de Química, Mecánica, Ciencias Básicas y el edificio antiguo de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, el mismo que se encuentra ubicado en el edificio antiguo de Ingeniería Química específicamente en el Departamento de Ciencia de los Alimentos y Biotecnología - DECAB y está a nombre de EPN. ING. QUIMICA suministro: 90001577-1, de la E.E.Q.S.A.

2.1.2 TARIFA ELECTRICA DE CONSUMO

Según el pliego tarifario de la E.E.Q.S.A., que se puede observar en el anexo A, al edificio antiguo de la Facultad de Ingeniería Eléctrica se le aplica la tarifa G7 “TARIFA DE MEDIA TENSIÓN PARA ASISTENCIA SOCIAL Y BENEFICIO PUBLICO (CON DEMANDA REGISTRO HORARIO (519))”. La misma que coincide con la tarifa de la planilla de consumo mensual que se paga. Ver figura 2.1

| | | |
|---|---|--|
|  EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A. R.U.C. 1790053881001 | FACTURA DE GRANDES CLIENTES Autorización 1106604669 Valida hasta Enero del 2010 | Fecha Emisión: 26/08/2009 Factura No. 001-007-148546 No. Control: 9000157722-K |
| | Av. 10 de Agosto E1-24 y Las Casas CONTRIBUYENTE ESPECIAL Resolución N° 5358 - 1995 - 06 - 02 | |

| | | | | | | |
|-------------|---------------------|---------------------------------------|------|--|---------|----------------------|
| Suministro: | 90001577 - 1 | POLITECNICA NCNAL. ING.QUIMICA | Fax: | | R.U.C.: | 1760005620001 |
|-------------|---------------------|---------------------------------------|------|--|---------|----------------------|

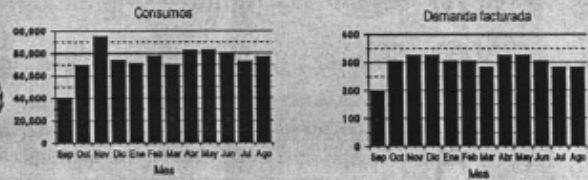
| DIRECCIÓN NOTIFICACIÓN: | | | | | | |
|-------------------------|-------------------|------------|--------|-------|--|--------------------------------------|
| Geocódigo: | 97-01-018-4680 | | | | | |
| Calle: | LADRON DE GUEVARA | Numero: | 2 PISO | Piso: | | Dpto: |
| Barrio/Urb.: | | Parroquia: | | | | Intersección: FINANCIERO |
| | | | | | | Canton: DISTRITO METROPOLITANO QUITO |

| DIRECCIÓN DEL SERVICIO: | | | | | | |
|-------------------------|------------------|------------|----------|-------|--|--------------------------------------|
| Plan: | 94 | | | | | |
| Geocódigo: | 98-04-044-0480 | | | | | |
| Calle: | ANDALUCIA | Numero: | | Piso: | | Dpto: |
| Intersección: | A. MENA CAAMANIO | Parroquia: | SAN BLAS | | | Canton: DISTRITO METROPOLITANO QUITO |

| INFORMACIÓN DE CONSUMO: | | | | INFORMACIÓN DE CONCEPTOS FACTURADOS: | | |
|-------------------------------------|------------------------|--------------------|------------|--------------------------------------|---------------------------------------|----------|
| Periodo Consumo Desde: | 2009/07/14 | Hasta: | 2009/08/13 | Dias Facta.: | 30 | |
| Factor de multiplicación: | 218.18 | Constante: | 1.00 | Tarifa: | Asist. Social Dem.Reg.Horario (519) | |
| Recargo Pérdidas en Transformación: | 0 % | | | Punto de entrega: | Media Tension | |
| | | | | Concepto | Valor | |
| Medidor | Descripcion | Actual | Anterior | Consumo | Tipo Lect | |
| 50000525 | Activa 22h - 07h | 2193.090 | 2146.170 | 10237 | TOMADA | 591.31 |
| 50000525 | Activa 07h - 22h | 14269.780 | 13982.390 | 67066 | TOMADA | 3.487.43 |
| 50000525 | Demanda Normal-Lec.Dir | 1.300 | 1.300 | 284 | TOMADA | 429.95 |
| 50000525 | Demanda Pico-Lec.Direc | 1.000 | 1.000 | 218 | TOMADA | |
| 50000525 | Reactiva Normal | 2237.820 | 2192.110 | 9929 | TOMADA | |
| Factor Potencia: | 0.99 | Factor Corrección: | 0.77 | | | |

| INFORMACIÓN DE CONCEPTOS FACTURADOS: | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|------------------|
| Tarifa: Asist. Social Dem.Reg.Horario (519) | | | | | | |
| Punto de entrega: Media Tension | | | | | | |
| Concepto | | | | | | Valor |
| DEMANDA | | | | | | 264 Kw 591.31 |
| COMERCIALIZACION | | | | | | 1.41 |
| CONSUMO 07h - 22h | | | | | | 67066Kw 3.487.43 |
| CONSUMO 22h - 07h | | | | | | 10237Kw 429.95 |
| SUBTOTAL SERVICIO ELECTRICO | | | | | | 4,510.10 |
| SALDO ANTERIOR | | | | | | 43.44 |
| SUBTOTAL OTROS CONCEPTOS | | | | | | 43.44 |
| TASA RECOLECCION BAS | | | | | | 451.01 |
| SUBTOTAL VALORES DE TERCEROS | | | | | | 451.01 |
| TOTAL A PAGAR: | | | | | | 5,004.55 |

| | |
|----------|-------------------|
| Consumos | Demanda facturada |
|----------|-------------------|





| | | |
|----------------------|------------------------------|-----------|
| Ejecutivo de cuenta: | FANNY LUISA MENDEZ BONILLA | ext: 3714 |
| | Tel: 2544958/2904467/2542860 | |
| | e_mail: fmendez@eeq.com.ec | |

Fecha Facturación: 2009/08/17
 Pagar Hasta: INMEDIATO

(*) BASE PARA RETENCION 1%: 4,510.10

IMPRESO POR FEGRAQUIDOR S.A. 2008-12-12 / 36794221 M.O.C.

| | | |
|---|--|---|
|  | POLITECNICA NCNAL. ING.QUIMICA No. Control: 9000157722-K9 Valor: USD 5,004.55 |  |
|---|--|---|

NORMAE: 1 / 1

Figura 2.1 Factura Eléctrica de EPN INGENIERIA QUIMICA

2.1.3 RESUMEN DE CONSUMO ELECTRICO

Con el propósito de conocer la energía consumida anualmente, la demanda facturada en un año y el costo que involucra el uso del recurso eléctrico, se ha tomado como referencia un grupo de planillas correspondientes a un año; que empieza desde el mes de Julio 2009 hasta Junio 2010 y que se las puede revisar en el Anexo C. Cabe indicar que las facturas analizadas corresponden al suministro mencionado anteriormente, el mismo que comparte su registro de energía con los edificios citados en el literal anterior. Con esta información se obtuvo un resumen anual de dichos parámetros eléctricos, los mismos que se muestran en la tabla 2.2 y en los gráficos 2.2 y 2.3.

| RESUMEN ANUAL DEL CONSUMO ELECTRICO | |
|--|-----------------|
| FACTOR DE POTENCIA | 0.99 |
| ENERGIA kWh 07h-22h | 701015 |
| ENERGIA kWh 22h-07h | 120392.40 |
| DEMANDA NORMAL REGISTRADA kW | 3578.59 |
| DEMANDA FACTURADA kW | 3709.40 |
| DEMANDA MAXIMA PICO kW | 2809.94 |
| FACTOR DE CORRECCION | 0.77 |
| PAGO COMERCIALIZACION USD | 18.33 |
| PAGO POR CONSUMO USD | 41509.25 |
| PAGO POR DEMANDA USD | 7594.87 |
| SUBTOTAL ELECTRICO USD | 49122.45 |
| OTROS CONCEPTOS USD | 14457.46 |
| TOTAL A PAGAR USD | 63579.92 |

Tabla 2.2 Resumen Anual del Consumo Eléctrico

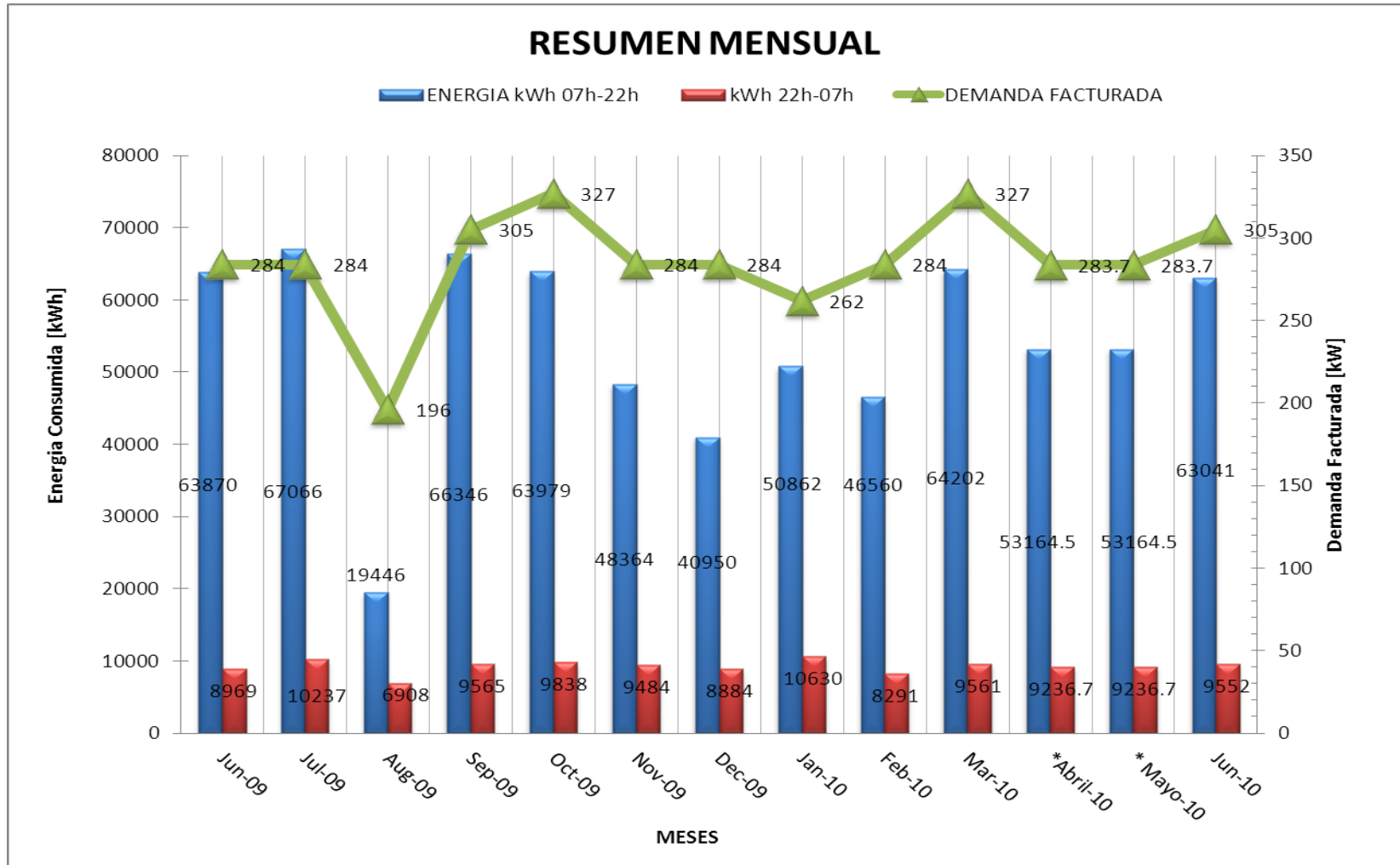


Gráfico 2.2 Resumen mensual de energía consumida y demanda facturada en un año.

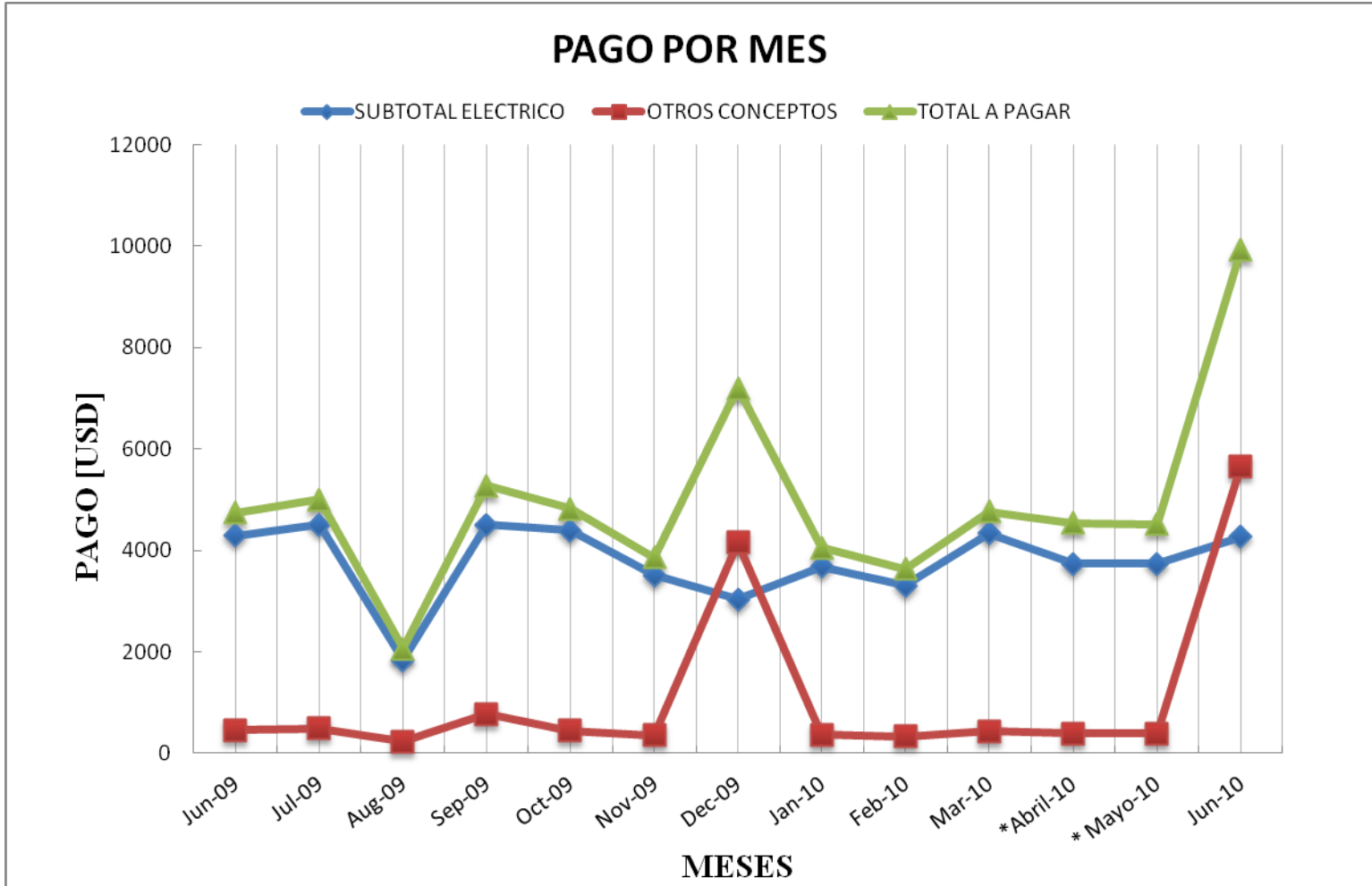


Gráfico 2.3 Pago por consumo de energía mensualmente

2.1.3.1 Análisis de Tendencias

Al analizar las curvas del gráfico 2.2 se puede observar que las tendencias de energía consumida en el horario de 07h-22h y demanda facturada son variables y que entre los meses de Julio 2009 y Agosto 2009 tienen una caída notable. Esto se debe a que en ese periodo se está finalizando el semestre de clases y empieza un periodo de vacaciones. A partir del mes de Agosto las curvas tienden a crecer, tanto para la demanda como para la energía, observándose que hay picos significativos en los meses de Octubre 2009 y Marzo 2010, esta característica se debe a que las actividades son normales en un periodo de asistencia a clases. Con respecto a la curva de energía consumida en el horario de 22h-07h, se puede observar que se mantiene relativamente constante y es inferior si se compara con la curva de energía consumida en el horario de 07h-22h, esto nos indica que en ese horario no hay actividades que involucren mayor consumo de energía.

En el gráfico 2.3 se analiza el costo mensual que se ha pagado a la E.E.Q.S.A., por el consumo de energía según las planillas en cuestión; de las curvas mostradas en este gráfico se puede observar que tienen un comportamiento similar a las curvas del gráfico 2.2; es decir que en el mes de Agosto hay un consumo de energía menor comparado con los demás meses, por lo tanto se ha facturado menos, ese comportamiento se debe a que se está finalizando el semestre. Cabe señalar que hay dos picos notables en el mes de Diciembre 2009 y Junio 2010, los cuales presentan un retraso en el pago debiéndose pagar por dos meses acumulados y por lo tanto presentan intereses por mora.

A continuación se da inicio al análisis de las condiciones actuales del edificio antiguo de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, pero desde un punto de vista energético, abarcando temas como: levantamiento de la carga eléctrica instalada en el edificio, mediciones de las variables eléctricas importantes con sus respectivas curvas, índices de consumo energético, medidas de ahorro de energía tanto administrativas como tecnológicas y la priorización de las propuestas para un plan de eficiencia energética en el la institución en cuestión.

2.1.4 CARGA ELECTRICA

Para conocer la carga instalada del edificio antiguo de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, se hizo un levantamiento de la misma, con el fin de saber cuál es la carga que se tiene instalada y como es distribuida en el edificio; para eso se han agrupado las cargas eléctricas en tres áreas, las mismas que son: iluminación, fuerza, datos y comunicaciones. En el gráfico 2.4 se muestra un resumen de la carga instalada y su distribución en el edificio. El levantamiento de carga se puede observar en el anexo B.

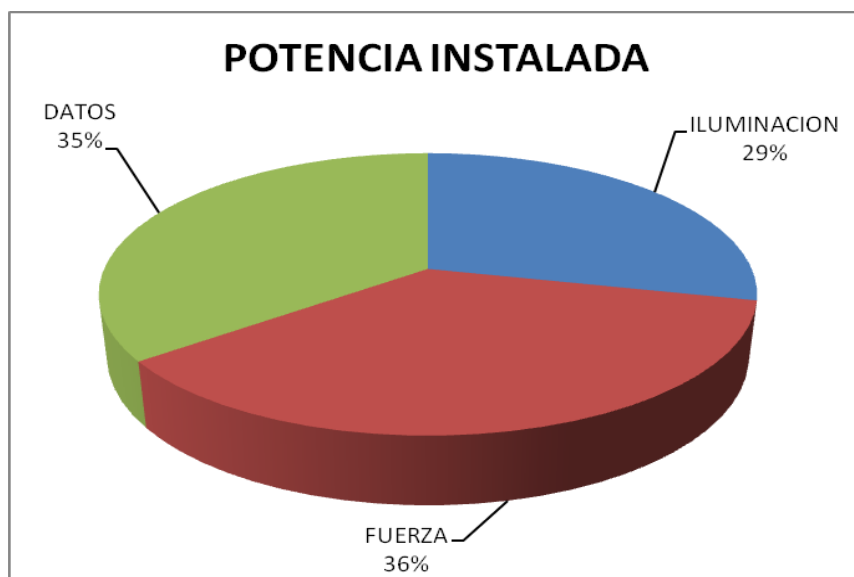


Gráfico 2.4 Potencia Instalada

2.1.4.1 Iluminación

Para hacer el levantamiento de la iluminación se ha tomado en cuenta el tipo de luminarias y la cantidad de ellas que hay en cada piso, obteniéndose la potencia total demandada de 57.17kW. Toda esta información se puede observar en la sección B-1 de los Anexos. En la tabla 2.3 se presenta un resumen de la potencia instalada en cada piso y el total de vatios demandados en el mismo.

| ILUMINACION | |
|-----------------------|-------------------------------|
| PISO | POTENCIA DEMANDADA [W] |
| SUBSUELO | 14630 |
| PLANTA BAJA | 13820 |
| PRIMERA PLANTA | 11700 |
| SEGUNDA PLANTA | 17026 |
| TOTAL [W] | 57176 |

Tabla 2.3 Potencia Instalada en iluminación

En esta etapa también se analizó el nivel de iluminación de los locales en cuestión encontrándose que el parámetro medido está en el rango mínimo aceptable según el Reglamento Técnico de Iluminación y alumbrado Público (RETILAP) [3]. Ver tabla 2.4

| LOCAL | NIVEL ILUMINACIÓN LUXES ACTUALES | NIVEL ILUMINACIÓN LUXES RECOMENDADO |
|--------------|---|--|
| Oficinas | 280 | 300 - 750 |
| Laboratorios | 320 | 300 - 750 |
| Pasillos | 100 | 50 - 150 |
| Aulas | 295 | 300 - 750 |
| Baños | 86 | 100 - 200 |

Tabla 2.4 Nivel de iluminación en el edificio y niveles de iluminación según el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público 2010 (RETILAP).

2.1.4.2 Fuerza

Para obtener la potencia demandada de este tipo de carga eléctrica, se tomaron los datos de placa y etiqueta de todos los artefactos eléctricos representativos que hay en las instalaciones del edificio (Ver Anexo B-2). Un resumen general se observa en la tabla 2.5.

| FUERZA | |
|-----------------------|-------------------------------|
| PISO | POTENCIA DEMANDADA [W] |
| SUBSUELO | 26929.80 |
| PLANTA BAJA | 27395 |
| PRIMERA PLANTA | 6361 |
| SEGUNDA PLANTA | 11611 |
| TOTAL [W] | 72296.80 |

Tabla 2.5 Potencia instalada correspondiente a fuerza

2.1.4.3 Datos y Comunicaciones

En lo referente a la carga eléctrica Datos y Comunicaciones la cual corresponde a todos los equipos de computación existentes en las instalaciones, se ha seguido el mismo procedimiento de levantamiento de las cargas anteriores. Un análisis detallado de este tipo de carga se puede observar en la sección de los anexos B-2. En la tabla 2.6 se muestra un resumen de la potencia demanda en cada piso y la potencia total instalada para este tipo de carga.

| DATOS Y COMUNICACIONES | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| PISO | POTENCIA DEMANDADA [W] |
| SUBSUELO | 13550 |
| PLANTA BAJA | 16150 |
| PRIMERA PLANTA | 13600 |
| SEGUNDA PLANTA | 27450 |
| TOTAL [W] | 70750 |

Tabla 2.6 Potencia demandada correspondiente a Datos y Comunicaciones

2.1.5 MEDICIONES

Para la evaluación energética del edificio antiguo de la Facultad de Ingeniería Eléctrica se realizaron las mediciones de la carga eléctrica.

La medición de los parámetros eléctricos más importantes se efectuó en forma continua, en periodos de 15 minutos desde el 23 de marzo del 2010 hasta el 31 de dicho mes.

El equipo de medición que utilizado, fue un Registrador de Potencia 1735 Power Logger de marca Fluke el mismo que fue ubicado en el Tablero Principal de Distribución (TPD) de donde parten los alimentadores a las diferentes dependencias, cabe indicar que el TPD se encuentra en el subsuelo en el área de la copiadora.

2.1.5.1 Objetivo

El obtener la curva de carga diaria del edificio es el objetivo principal de realizar las mediciones como también identificar las horas de máxima demanda. Además conocer en forma general el estado de la calidad de energía del edificio tomando medidas de los parámetros eléctricos más importantes como: voltaje, corriente, potencia, energía y otros.

2.1.5.2 Resultado de las mediciones

Los resultados que se obtuvieron de las mediciones tales como, la curva de carga diaria del edificio y la curva de carga diaria para el mes, fueron recopilados de los días 25 de Marzo 2010 y 30 de Marzo 2010 respectivamente; dado que en esos días se registró la máxima demanda y las actividades fueron normales.

Cabe aclarar que las curvas típicas de demanda o perfil de demandas, para un día y para el mes seleccionadas en el presente caso de estudio, corresponden a las de un día típico de máxima demanda conforme el registro del analizador.

El criterio aplicado para la selección de dichas curvas toma como referencia las variables eléctricas que intervienen en la tarifa eléctrica G7, la cual es aplicada a la institución en la facturación por consumo de energía eléctrica.

Adicionalmente, para la selección de dichas curvas se ha comparado y se ha analizado los resultados obtenidos, entre el levantamiento de carga - energía del edificio y las curvas exportadas por el analizador en los días de medición.

En la tarifa eléctrica G7 se explica que para la facturación por consumo eléctrico del edificio, se debe tomar en cuenta el cargo correspondiente a la demanda facturable como mínimo de pago, en la cual intervienen las siguientes variables:

- La demanda máxima registrada en las horas pico de la E.E.Q.S.A.
- La demanda máxima del abonado en el mes y el factor de corrección (FC), este último es el resultado de la relación de las dos variables anteriores.

Por lo tanto, tiene sentido utilizar como base para los análisis posteriores una curva o perfil de carga con la máxima demanda, la cual se ha utilizado como referencia para el presente caso de estudio.

Conjuntamente para la selección de los perfiles de demanda, se analizó la información entregada por el registrador; observándose que los días sábado y domingo la demanda es mínima, si se compara con un día típico de labores, lo cual se justifica porque son días de descanso.

Al intentar obtener un perfil de demanda promedio de todos los días medidos, se observó que los días de fin de semana afectaban notablemente al perfil de demanda de un día típico, lo cual no se ajustaba con el levantamiento de carga y energía que se lo había realizado anteriormente y que sería la base para el desarrollo de los próximos capítulos.

Sin embargo cabe indicar que al hacer la comparación entre la energía levantada de un día típico versus la energía medida por el registrador, se observó que el resultado es bastante aproximado, como se muestra en la tabla 2.7

| DÍA ANALIZADO | ENERGIA MEDIDA kWh/día | ENERGIA LEVANTADA kWh/día | ERROR % |
|----------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------|
| Día típico 25 | 568.84 | 564.04 | 0.84 |

Tabla 2.7 Comparación entre energía medida y levantada.

De la tabla 2.7 se puede comentar que el margen de error obtenido entre la energía levantada y la energía medida es de un 0.84%, valor que se le atribuye a las siguientes causas:

- Pérdidas del sistema por el efecto Joule, especialmente en los conductores, luminarias y en los equipos electrónicos.
- Equipos electrónicos que permanecen en modo stand by, los cuales al perdurar en este estado consumen energía que en realidad es pequeña, pero al sumarse todos los existentes, tienen una influencia en el consumo de energía.
- Valores estimados de potencia de algunos equipos electrónicos debido a la falta de información en sus respectivos datos de placa.

Con esta aclaración sobre la selección de las curvas de demanda para el presente caso de estudio, se presenta dichas curvas en los gráficos 2.5 y 2.6.

Los resultados correspondientes a las mediciones de las variables eléctricas más importantes medidas por el analizador de energía, se las puede observar en las figuras 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5 respectivamente.

2.1.5.2.1 Curva de Carga Diaria del Edificio



Gráfico 2.5 Curva de carga diaria del edificio - día 25 de Marzo 2010

2.1.5.2.2 *Curva de Carga Diaria Para el Mes en Estudio*

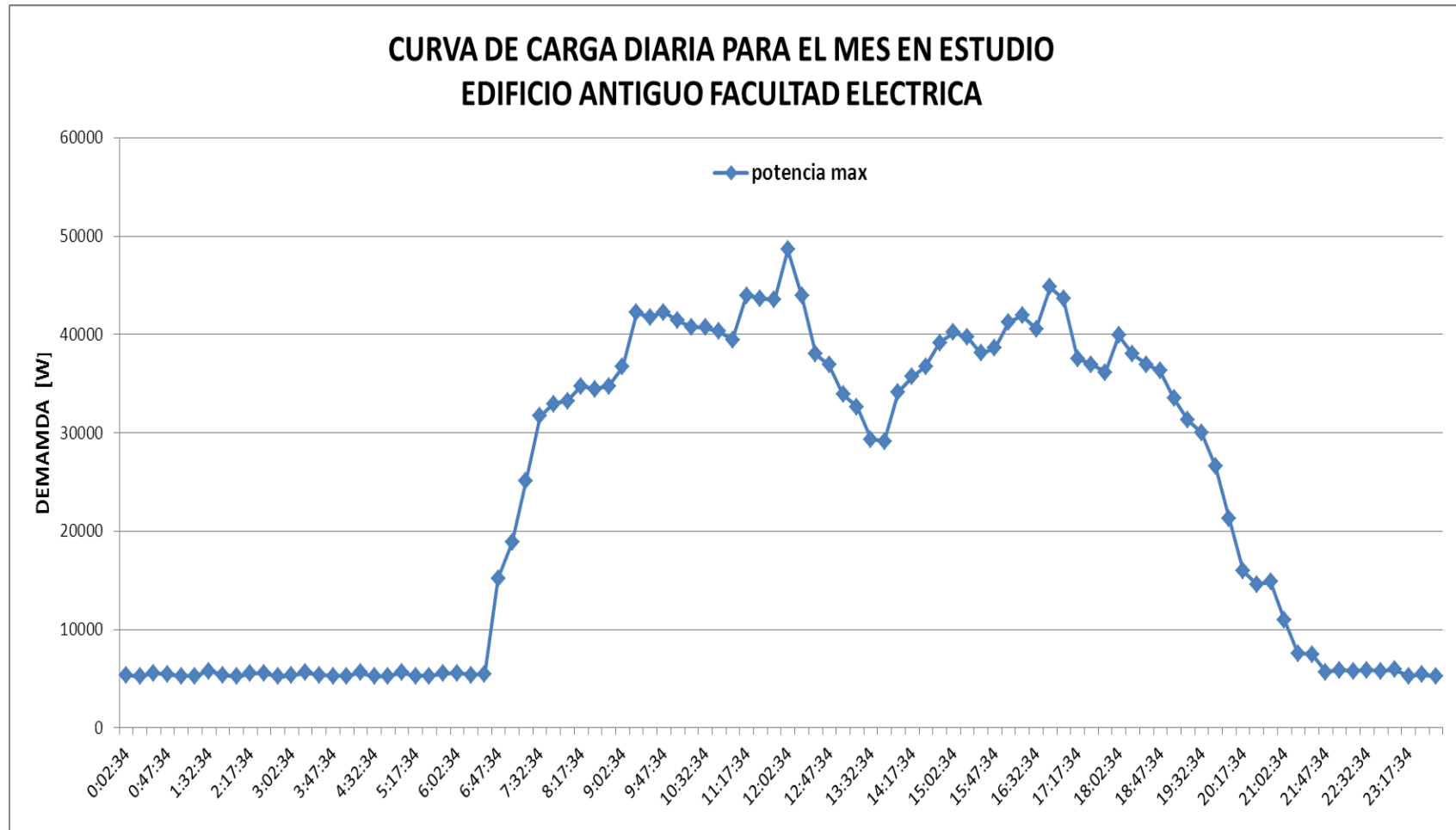


Gráfico 2.6 Curva de carga diaria para el mes en estudio del edificio – día 30 de Marzo 2010

2.1.5.2.3 Voltajes y Corrientes

Las Figuras correspondientes a los literales 2.2-3-4-5; corresponden a las mediciones de los parámetros eléctricos más importantes tomadas por el registrador.

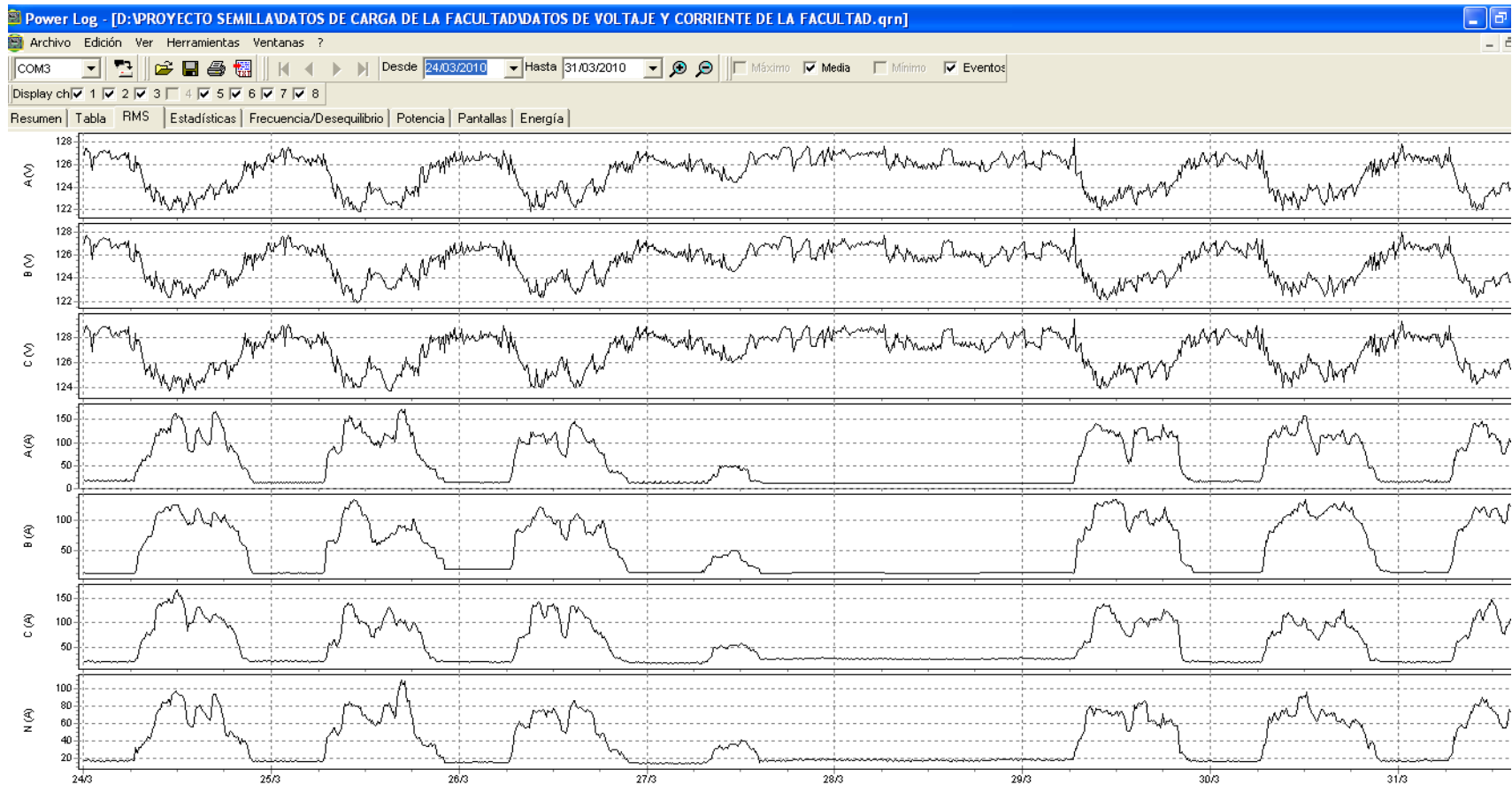


Figura 2.2 Voltajes y Corrientes

2.1.5.2.4 Potencia

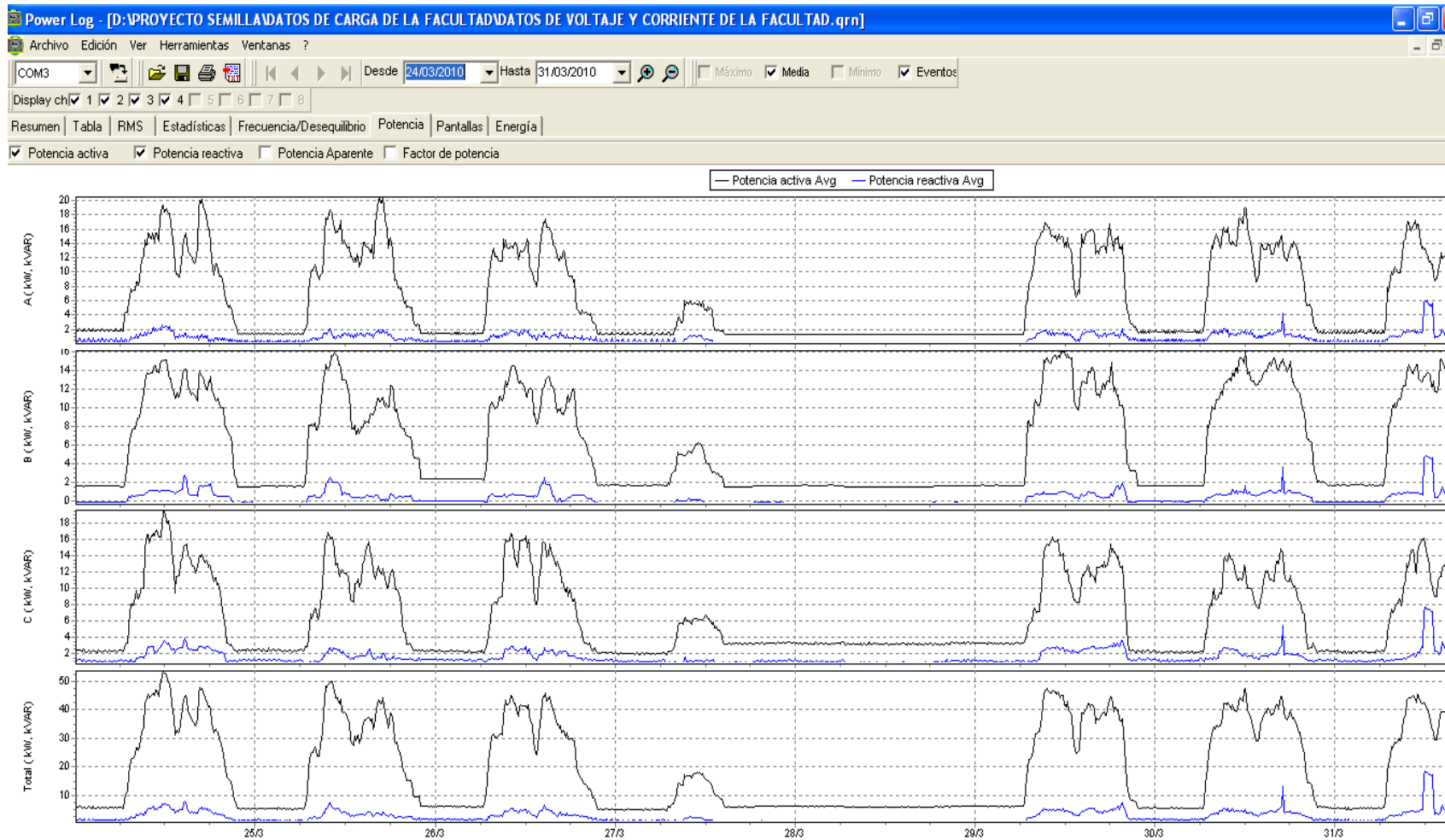


Figura 2.3 Potencia Activa - Reactiva y total

2.1.5.2.5 Energía

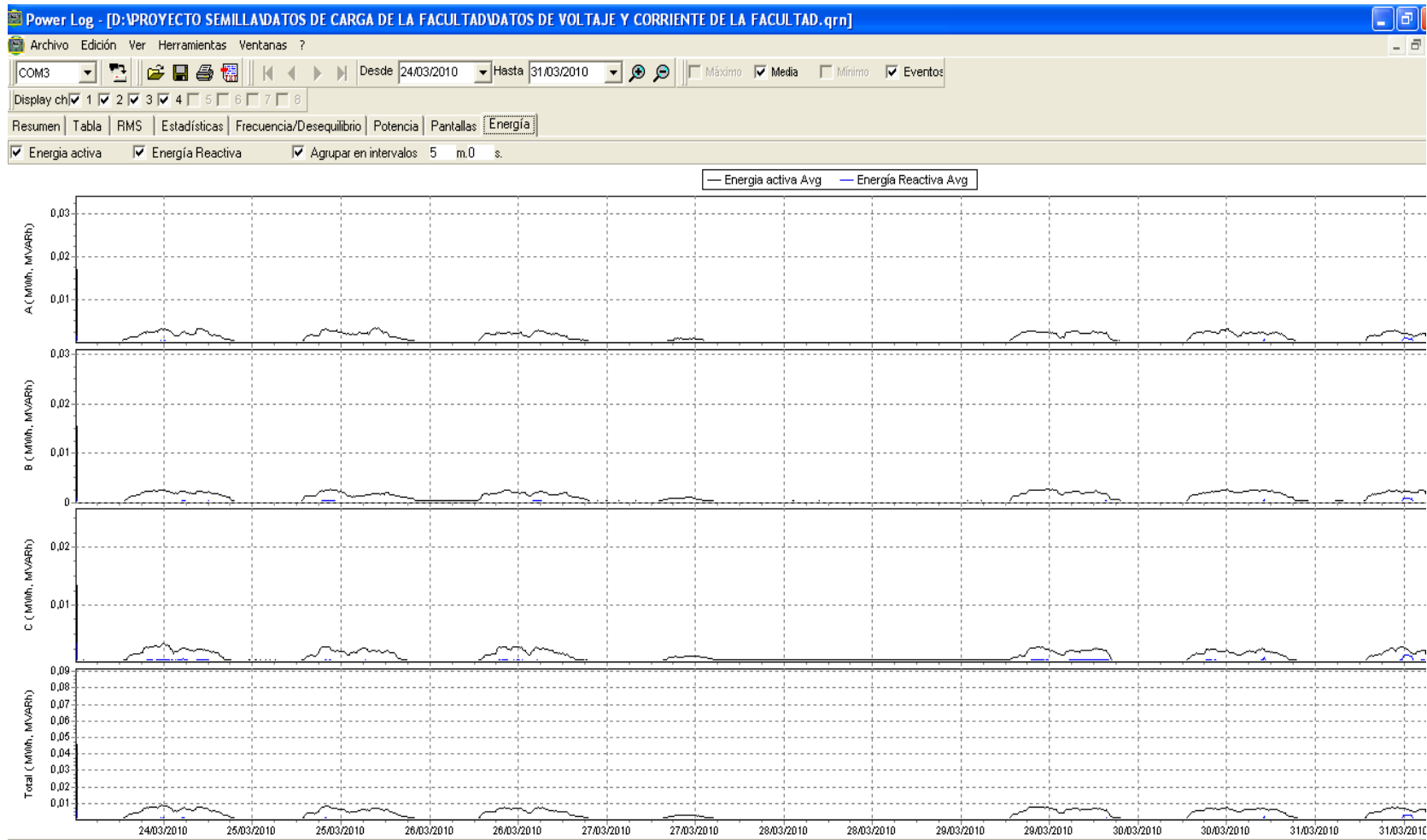


Figura 2.4 Energía Activa – Reactiva y Total

2.1.5.2.6 Factor de Potencia

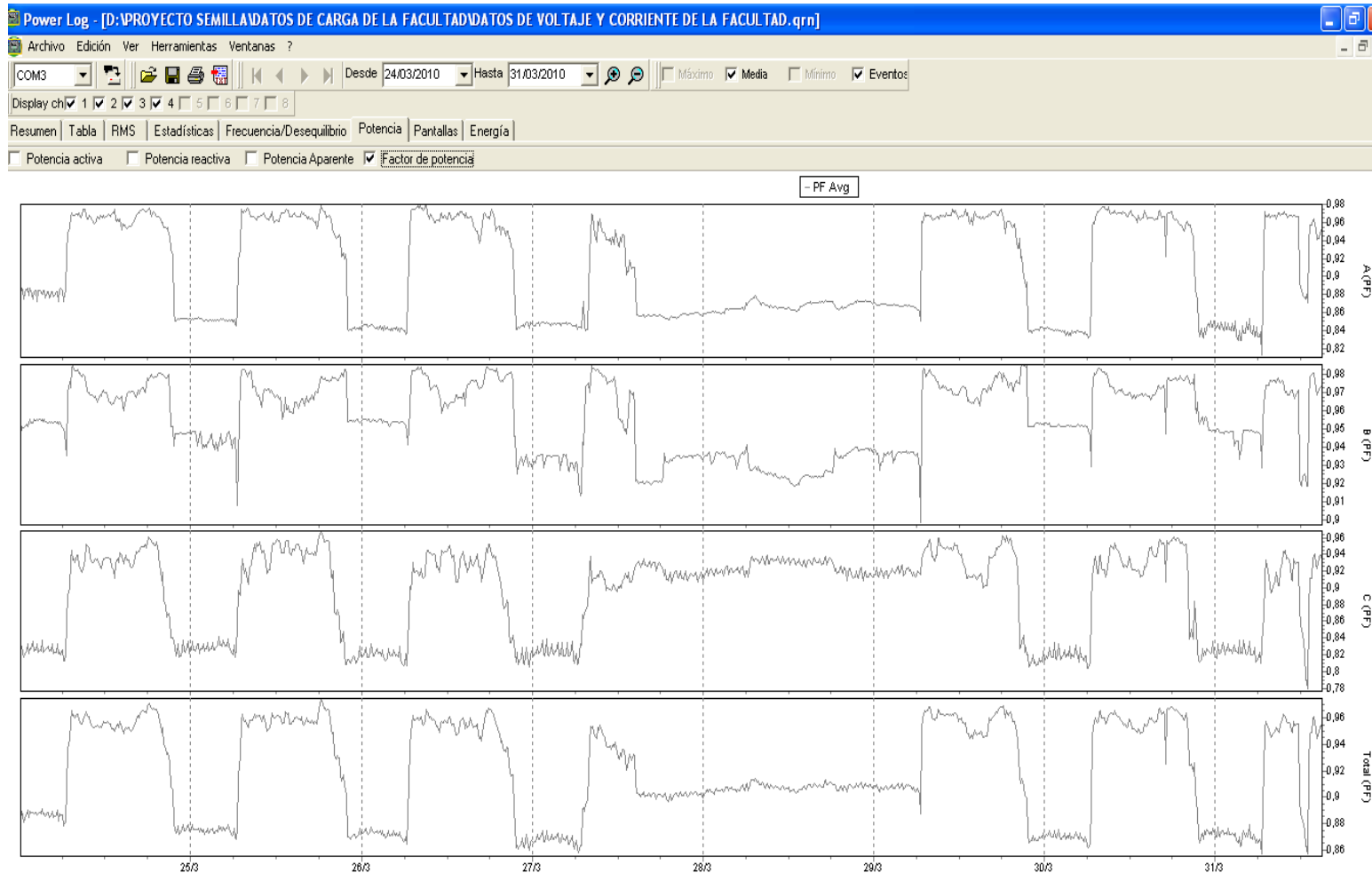


Figura 2.5 Factor de Potencia

2.1.5.3 Conclusiones de las mediciones y recomendaciones

Los resultados de las mediciones de los parámetros eléctricos entregados por el Registrador de Potencia 1735 Power Logger, revelan las siguientes conclusiones:

- La curva de carga o demanda diaria durante las mediciones, tiene un comportamiento variable a lo largo del día. Se puede observar que dicho comportamiento es similar en la semana de actividades (lunes a viernes), debido a que las actividades son normales para estudiantes, profesores y personal administrativo.
- El comportamiento de la curva de carga es variable en el tiempo, es decir; empieza con un incremento progresivo de la demanda a partir de las 6:00am hasta alcanzar el máximo pico aproximadamente a las 12:00, posteriormente presenta una disminución de demanda entre las 12:00 y 1:00pm, a partir de esa hora empieza un aumento de la demanda teniendo dos picos que están entre las 2:00pm y 5:00pm respectivamente; a esa hora se observa un descenso notable de demanda hasta que permanece constante desde las 10:00pm hasta las 6:00am.
- El perfil de voltaje de las tres fases A, B, C está dentro de los parámetros aceptables permitidos por el CONELEC. Cabe señalar que en el horario de la madrugada se tiene un perfil de voltaje superior al 5% del nominal.
- Al hacer un análisis de las corrientes obtenidas, se observa la presencia de corrientes en el neutro, cuyos valores son significativos, las causas pueden ser atribuidas a un desbalance de las fases o a la presencia de armónicos.

Cuando un sistema siente la presencia de corrientes armónicas, éste presenta los siguientes síntomas:

- Altas corrientes circulando por el neutro.
- Calentamiento de conductores y terminales en el neutro.

- Inexactitudes apreciables en relojes digitales.
- Aumento de las pérdidas en los transformadores.
- Picos elevados de corriente en las fases del sistema.
- Distorsiones en las formas de ondas del voltaje y la corriente.
- Ruido en las telecomunicaciones.
- Fallas en los bancos de capacitores (al poco tiempo de instalarlos).
- Disparo de fusibles en los bancos de capacitores.
- Accionamiento inesperado de interruptores.
- Incremento de la vibración en los aparatos.

En el literal 2.1.4 y su correspondiente anexo (B) los cuales fueron expuestos anteriormente, se presenta la potencia instalada del edificio en cuestión, en dicho levantamiento de carga se puede observar, que muchas de las cargas que componen las áreas de iluminación, fuerza, datos y comunicaciones son de naturaleza cargas no lineales tales como: lámparas fluorescentes, balastos electromagnéticos, equipos electrónicos que internamente trabajan en corriente continua y necesitan de un rectificador a la entrada; entre ellos están televisores, facsímiles, ordenadores, impresoras, fuentes ininterrumpidas de voltaje (UPS), convertidores, rectificadores, motores, arrancadores, elementos de control, entre otros.

Por ser cargas no lineales constituyen la principal fuente de inyección de corrientes armónicas triples o de secuencia cero (3° , 9° , 15° , 21° ,...). Un ejemplo de la presencia de cargas no lineales en el edificio en cuestión, son los tubos de la luz fluorescente, éstos son altamente no-lineales y dan lugar a corrientes armónicas impares de magnitud importante. En una carga trifásica de 4 hilos, las armónicas triples básicamente se suman en el neutro, siendo al 3^{a} la más dominante.

En el presente caso de estudio la existencia de corrientes en el neutro, puede ocasionar problemas típicos de sobrecalentamiento del neutro e interferencias y

ruidos en las señales de video y telefonía del sistema, mala operación de los equipos electrónicos y temporizadores de control.

El empleo de medidas correctoras de los efectos de las distorsiones armónicas persigue esencialmente:

- Evitar la propagación de las corrientes armónicas a través de la red, especialmente en aquellos lugares donde se encuentran conectadas cargas que muestran cierta sensibilidad a tales distorsiones.
- Procurar que las corrientes armónicas inyectadas a la red eléctrica no sobrepasen ciertos valores que están determinados por las normas de cada país.

Dentro de las soluciones básicas a problemas de armónicos tenemos las de carácter preventivo – evitar producción de armónicos y sus consecuencias (ej., la aplicación de técnicas de cancelación de fase y control de armónicos en convertidores) y las de carácter correctivo – reducción de armónicos ya existentes (ej., filtros).

Con el afán de mitigar dicha perturbación, se presenta varias alternativas de reducción de corrientes armónicas tales como:

- Transformadores con arrollamientos en triángulo.
- Transformadores con desplazamientos de fases en distintos alimentadores.
- Transformadores con factor “k” o Reactores derivadores de corrientes de secuencia cero.
- Inductancias de choque o de aislamiento
- Rectificadores de mayor cantidad de pulsos.

De las alternativas listadas en los párrafos anteriores y para el presente caso de estudio, se recomienda 2 alternativas, las cuales se pone a consideración:

1. La utilización del FILTRADO, éste es un método utilizado cuando en una instalación eléctrica se ha incrementado o se incrementará paulatinamente la carga armónica, debido a la implantación de cargas no lineales.

El criterio ideal de diseño es eliminar completamente la distorsión producida por la carga. Sin embargo, dicho criterio resulta técnica y económicamente impráctico debido a la magnitud y costos de los filtros finalmente requeridos. Un criterio más adecuado, consiste en diseñar un filtro para reducir las distorsiones a niveles aceptables acogiendo una norma para tal fin.

Uno de los inconvenientes que presenta el filtrado, es que los filtros a implementarse deben de ser diseñados para poder manejar toda la corriente que absorbe la carga. Además un solo filtro es insuficiente para poder mitigar todo un espectro completo de polución armónica que presentan las cargas no lineales comunes.

El dimensionamiento de este tipo de filtros, requiere por lo tanto un estudio más a fondo de las características de la instalación, las armónicas presentes y el objetivo de distorsión al cual se quiere llegar, la cual se la deja para un análisis independiente de este proyecto.

2. Otra solución, para una eventual presencia de un ambiente eléctrico rico en armónicos y para la sobrecarga de los conductores neutros, puede ser el dimensionamiento de los mismos con una sección suficiente. Es una práctica aconsejable prever un neutro con una sección 1,7 veces mayor que la de los conductores de fase o simplemente doblar el neutro cuando el circuito final deba alimentar sistemas informáticos. También puede utilizarse un conductor neutro separado para cada fase.

Entre los beneficios que se podrían obtener con la mitigación de armónicos en un sistema, se destacan los siguientes:

- Reducción de las corrientes que circulan por el conductor del neutro evitando que se sumen algebraicamente, cabe indicar que dichas sobrecorrientes son independientes de las causadas por desbalances en las fases del sistema.
- Reducción de las pérdidas térmicas por efecto Joule en el sistema. ($P=I^2R$). Evitando que los elementos que componen el sistema, sufran un incremento en su normal disipación de energía, causado por el acrecentamiento de la corriente que circula por el sistema.
- Limitación y/o supresión de interferencias y ruidos en las señales de video y telefonía. Debido a las variaciones de corrientes que sufre el sistema se originan flujos magnéticos variables y por lo tanto voltajes inducidos en los conductores de sistemas de comunicación y que en condiciones de resonancia para las corrientes armónicas estos efectos se amplifican causando interferencia e incremento de ruido en las redes.
- Proteger que los equipos trabajen con cierta sobrecarga ante una corriente mayor a la de operación y evitar un deterioro y reducción en su vida útil además de prevenir la quema de fusibles.
- Mantener las formas de onda de corrientes de carga y voltaje dentro de las normas de calidad técnica de la energía eléctrica.
- Evitar penalizaciones de acuerdo a la normativa eléctrica y así obviar el aumento en el pago por el servicio eléctrico.
- Evitar falsos accionamientos de relés y/o disparos de protecciones ya que la presencia de corrientes armónicas, ocasionan un desplazamiento del punto de operación predeterminada de los relés.
- Impedir el excesivo calentamiento en las máquinas rotativas, a causa de las corrientes inducidas de Eddy en el rotor de las máquinas; estas corrientes son generadas por los flujos de sobrevoltajes.
- Prevenir una mala operación de los equipos electrónicos y temporizados a causa de la distorsión de la señal de voltaje.

Finalmente, determinados con detalle los problemas derivados del uso de cargas no lineales, los métodos y las características de mitigación y sistemas convencionales utilizados para la solución de la problemática de la carga armónica; este proyecto deja a consideración de la institución la alternativa que más le convenga para la mitigación de este tipo de perturbación eléctrica.

- Se recomienda hacer de manera urgente una remodelación del tablero principal de distribución, ya que las condiciones del mismo no son las mejores o a su vez dar un buen mantenimiento del mismo, mejorando la señalización y retirando cables y estructuras que no cumplen ninguna función en esta área.
- Se recomienda repartir equitativamente la carga e instalar un medidor de energía para cada edificio lo cual permite conocer con valores reales el consumo de energía del mismo.

2.1.6 INDICES DE CONSUMO ENERGETICO

En la tabla 2.8 se muestra los índices más representativos del consumo energético que se tiene en el edificio. Se ha tomado la energía (kWh/m²) y la potencia instalada por área (W/m²) como indicadores de eficiencia energética importantes, cabe recordar que el índice de consumo de energía, es un valor aproximado obtenido en las mediciones realizadas en el edificio de estudio.

| INDICADORES ENERGETICOS | |
|---|-----------------|
| CONCEPTO | VALOR |
| PERIODO DE FACTURACION | Jun 09 - Jun 10 |
| ENERGIA [kWh] | 139720.74 |
| AREA [m ²] | 3755.08 |
| OCUPANTES | flotante |
| ENERGIA POR AREA [kWh/m ²] | 37.21 |
| WATIOS ILUMINACIÓN POR AREA[kW/m ²] | 14.44 |
| PAGO POR AREA[USD/m ²] | 16.93 |

Tabla 2.8 Indicadores Energéticos

2.1.7 MEDIDAS DE AHORRO DE ENERGIA

Tomando en cuenta que son muchas las oportunidades y las medidas que se pueden plantear para disminuir el consumo y por lo tanto el costo del recurso energético en el edificio; el presente proyecto recomienda aplicar medidas de tipo administrativas las mismas que se pueden implementar sin costo, como también medidas tecnológicas las mismas que implican cambios tecnológicos o instalación de nuevos equipos y sistemas eficientes que requieren inversiones. Para lo cual se comenzará por las medidas de tipo organizativa que no requieren de inversión.

2.1.7.1 Administrativas y otras

En base al levantamiento de carga y los hábitos de uso de la energía por parte de los ocupantes del edificio, se plantea un conjunto de oportunidades de ahorro de energía que se detalla a continuación. Al final se ha hecho un análisis aproximado del ahorro que se tendría si se aplica dichas medidas.

2.1.7.1.1 Iluminación

- Apagar las luminarias en las horas no laborables, por ejemplo en la hora del almuerzo ya que se ha constatado que las luminarias permanecen encendidas en lugares desocupados.
- Distribuir los horarios de trabajo para aprovechar al máximo la luz natural.
- Aprovechar al máximo la luz natural en las oficinas, aulas y laboratorios encendiéndose las luminarias en los lugares que necesariamente se requiera porque se ha notado que existe la costumbre de encender las luminarias a pesar de que con la luz natural se tiene el nivel de iluminación requerido para cumplir con las actividades.
- Dar un mantenimiento preventivo a las luminarias. Limpieza de todas las superficies reflectoras y difusoras a fin de obtener una mejora en la difusión del flujo luminoso del 70% al 90% en la posibilidad del caso.
- Reducir los niveles de iluminación hasta el mínimo recomendado para las diferentes actividades que se vayan a realizar en el recinto en cuestión.

- Seccionar circuitos de iluminación para segmentar su uso y mantenimiento.
- Sensibilizar a los ocupantes del edificio sobre el uso eficiente y racional de la iluminación.

2.1.7.1.2 Fuerza

- Dar un mantenimiento preventivo a los motores, conexiones y contactos eléctricos cada dos o tres meses para asegurar el correcto funcionamiento de los mismos y reducir las pérdidas eléctricas y mecánicas de sus componentes.
- Planificar la operación de motores sin o con baja carga.
- Evitar que los equipos operen sobre por encima de su tensión nominal.
- Evitar en lo posible la simultaneidad en el uso de los equipos que tienen elevados niveles de potencia.
- Dar el mantenimiento respectivo a tableros y sub-tableros de distribución y evitar las extensiones de circuitos de tomacorrientes con conductores no apropiados.
- Equilibrar las fases para reducir las pérdidas en el neutro.
- Desconectar los ventiladores y aire acondicionados cuando la temperatura llegue al nivel de confort aceptable.

2.1.7.1.3 Datos y Comunicaciones

- Encender los computadores, impresoras y copiadoras solo cuando vayan a ser utilizados.
- Tener presente que computadores, monitores, impresoras, fax, copiadoras, scanner consumen energía al permanecer en posición stand by, para evitar estos consumos fantasmas se recomienda conectar todos los equipos de una zona de trabajo en una base de enchufes múltiples, con interruptor, de manera que una vez terminada la jornada laboral se puedan apagar únicamente pulsando el interruptor de la regleta.
- Apagar el computador durante los periodos de reuniones o actividades similares de duración superior a una hora y si son periodos de 10 minutos es preferible, apagar el monitor ya que es el componente que consume más energía.

- Programar el computador para que se active el protector de pantalla tras 5 minutos de inactividad. Se recomienda usar el protector en negro ya que una imagen de colores claros fijada en la pantalla puede consumir grandes cantidades de energía.
- En las fotocopiadoras e impresoras que se tenga la opción de ahorro de energía, se sugiere establecer dicha alternativa como opción predeterminada.
- En las zonas donde hay dos o más impresoras se recomienda configurar una de ellas para que trabaje en red y sea compartida; así se evitará encender la impresora en cada puesto de trabajo.

Tomando como referencia las condiciones actuales del edificio en iluminación, fuerza y datos y comunicaciones y además conociendo los hábitos de uso de los ocupantes de las instalaciones se muestra en la tabla 2.9 y en el gráfico 2.7 los ahorros de energía en un día, mes y año que se pueden obtener manteniendo las instalaciones actuales e implementando las medidas administrativas descritas. Cabe señalar que estos resultados son un aproximado y se obtuvieron a partir de las mediciones de los parámetros eléctricos y al reconstruir un menú energético diario aproximado del edificio.

| CONSUMO Y AHORRO DE ENERGIA SI SE APLICA MEDIDAS ADMINISTRATIVAS | | | | |
|---|---------------|------------------|---------------|-------------------|
| | ACTUAL | PROPUESTO | AHORRO | AHORRO [%] |
| kWh-día | 564.04 | 513.88 | 50.16 | 8.89 |
| kWh-mes | 11280.87 | 10277.62 | 1003.26 | 8.89 |
| kWh-año | 112808.74 | 102776.18 | 10032.56 | 8.89 |
| Total USD-día | 28.71 | 26.11 | 2.60 | 9.05 |
| Total USD-mes | 574.28 | 522.30 | 51.98 | 9.05 |
| Total USD-anual | 5742.78 | 5222.98 | 519.80 | 9.05 |

Tabla 2.9 Consumo y ahorro de energía aplicando medidas administrativas

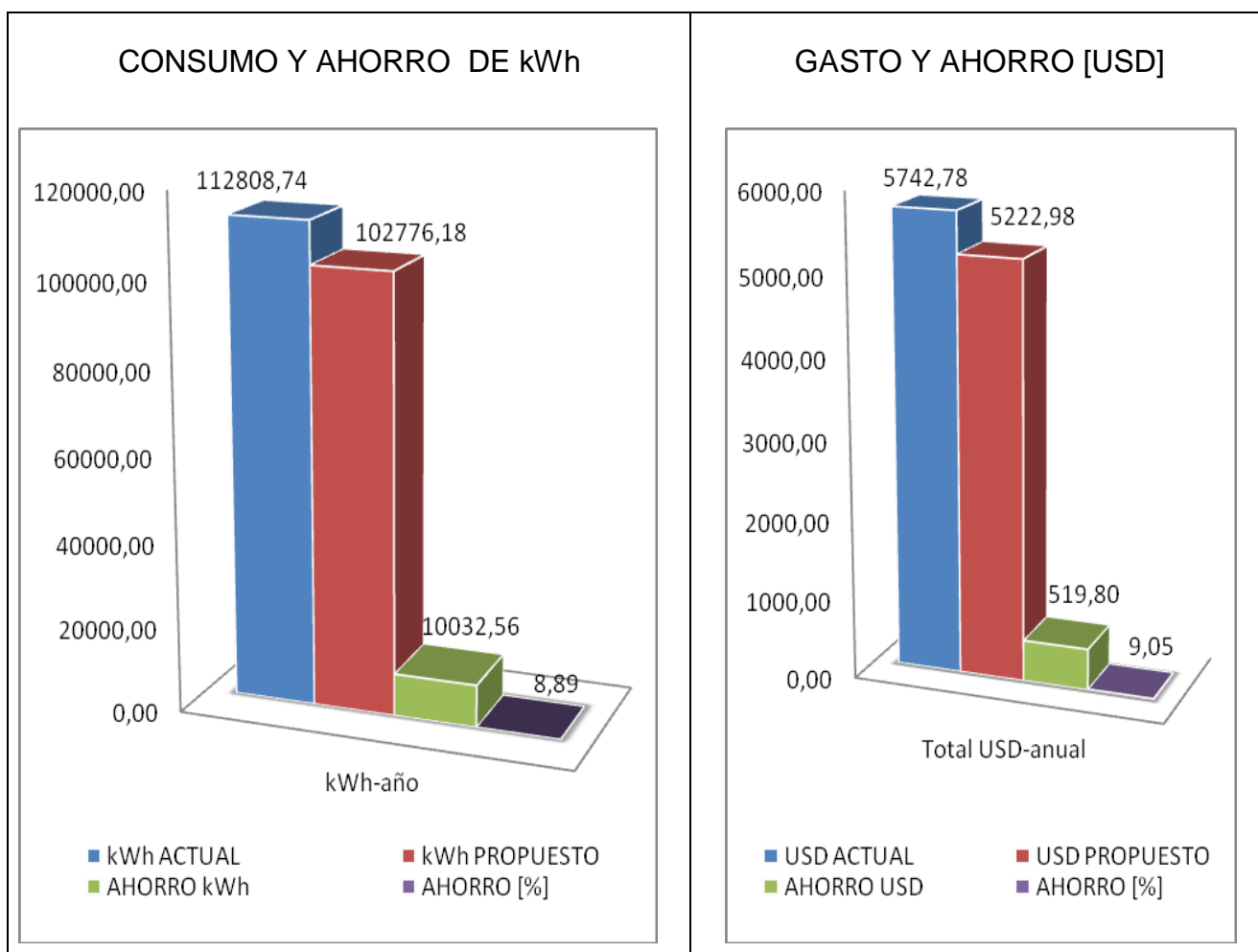


Gráfico 2.7 Consumo y ahorro de energía y USD en un año aplicando medidas administrativas.

2.1.7.2 Medidas tecnológicas

Siguiendo el procedimiento anterior se han agrupado a los sistemas de iluminación, fuerza y datos y comunicaciones como los puntos donde se deben aplicar este tipo de medidas. Para cada sistema se indicará el ahorro en energía y su valor que se tendría a corto (día), mediano (mes) y largo plazo (año) al aplicarse el tipo de medida. En un capítulo posterior se indicará un análisis financiero de las medidas aplicadas con sus respectivos indicadores para cada sistema.

2.1.7.2.1 Iluminación

En base a la información obtenida en el levantamiento de carga en la temática de iluminación, se encontró que la mayoría de luminarias que están instaladas en el edificio son de tipo: Fluorescente T12, 2X75W en bandeja Industrial, ineficientes con balastos electromagnéticos y unas pocas de 2X40W del mismo tipo; también se encontró que existe algunos focos incandescentes. Cabe indicar que en la segunda planta se tiene instaladas luminarias fluorescentes de tipo espejo parabólico T8, 3X32W en toda la planta, las mismas que consumen menos energía y brindan la misma iluminación; exceptuando en la Aula Magna que están instaladas luminarias ineficientes. En la tabla 2.10 se muestra un resumen de la cantidad de luminarias que hay por piso con su respectiva potencia instalada.

| | Piso | Cantidad de Luminarias | [kW] |
|---------------|----------------|-------------------------------|--------------|
| ACTUAL | Subsuelo | 105 | 14.63 |
| | Planta baja | 101 | 13.82 |
| | Primera planta | 78 | 11.70 |
| | Segunda planta | 157 | 17.02 |
| | TOTAL | 441 | 57.17 |

Tabla. 2.10 Cantidad de luminarias y vatios instalados por piso

2.1.7.2.1.1 *Sustitución de luminarias*

Con la información recopilada en la sección anterior se plantea hacer una sustitución de estas luminarias y balastos por unas de menor potencia pero eficientes, tomando en cuenta el no afectar los niveles de iluminación que dicta la norma para las instalaciones en cuestión.

El tipo de luminaria que se propone es: ACCORD fluorescente T5, 2X54W. La ficha técnica de este tipo de luminarias y el rediseño integral de la iluminación se lo efectúa en el capítulo 3.

En las tablas 2.11 y 2.12 se incluye un resumen de los ahorros en energía y dólares que se tendrían al aplicar el rediseño antes referido.

| PISO | CONDICIONES ACTUALES | | MEDIDA PROPUESTA | | AHORRO | |
|----------------|----------------------|--------------|---------------------|--------------|------------|--------------|
| | Cantidad Luminarias | [kW] | Cantidad Luminarias | [kW] | Luminarias | [kW] |
| Subsuelo | 105 | 14.63 | 80 | 8.60 | 25 | 6.02 |
| Planta baja | 101 | 13.82 | 92 | 8.31 | 9 | 5.50 |
| Primera planta | 78 | 11.70 | 63 | 6.93 | 15 | 4.77 |
| Segunda planta | 157 | 17.02 | 139 | 12.81 | 18 | 4.20 |
| TOTAL | 441 | 57.17 | 374 | 36.65 | 67 | 20.49 |

Tabla 2.11 Ahorro de la Potencia Instalada aplicando la medida [ídem a la tabla 3.6].

Se ha realizado un análisis aproximado de los ahorros en energía y económicos que se tendrían al aplicarse la presente medida, tal como se muestra en la tabla 2.12 y el gráfico 2.8:

| CONSUMO Y AHORRO DE ENERGIA AL APLICARSE LA SUSTITUCIÓN DE LUMINARIAS | | | | |
|---|-----------|-----------|----------|------------|
| | ACTUAL | PROPUESTO | AHORRO | AHORRO [%] |
| kWh-día | 564.04 | 462.02 | 102.03 | 18.09 |
| kWh-mes | 11280.87 | 9240.37 | 2040.51 | 18.09 |
| kWh-año | 112808.74 | 92403.67 | 20405.07 | 18.09 |
| Total USD-día | 28.71 | 23.42 | 5.29 | 18.43 |
| Total USD-mes | 574.28 | 468.44 | 105.84 | 18.43 |
| Total USD-anual | 5742.78 | 4684.43 | 1058.36 | 18.43 |

Tabla 2.12 Consumo y ahorro tanto en energía como económico al aplicarse la sustitución de luminarias. [ídem a la tabla 3.7].

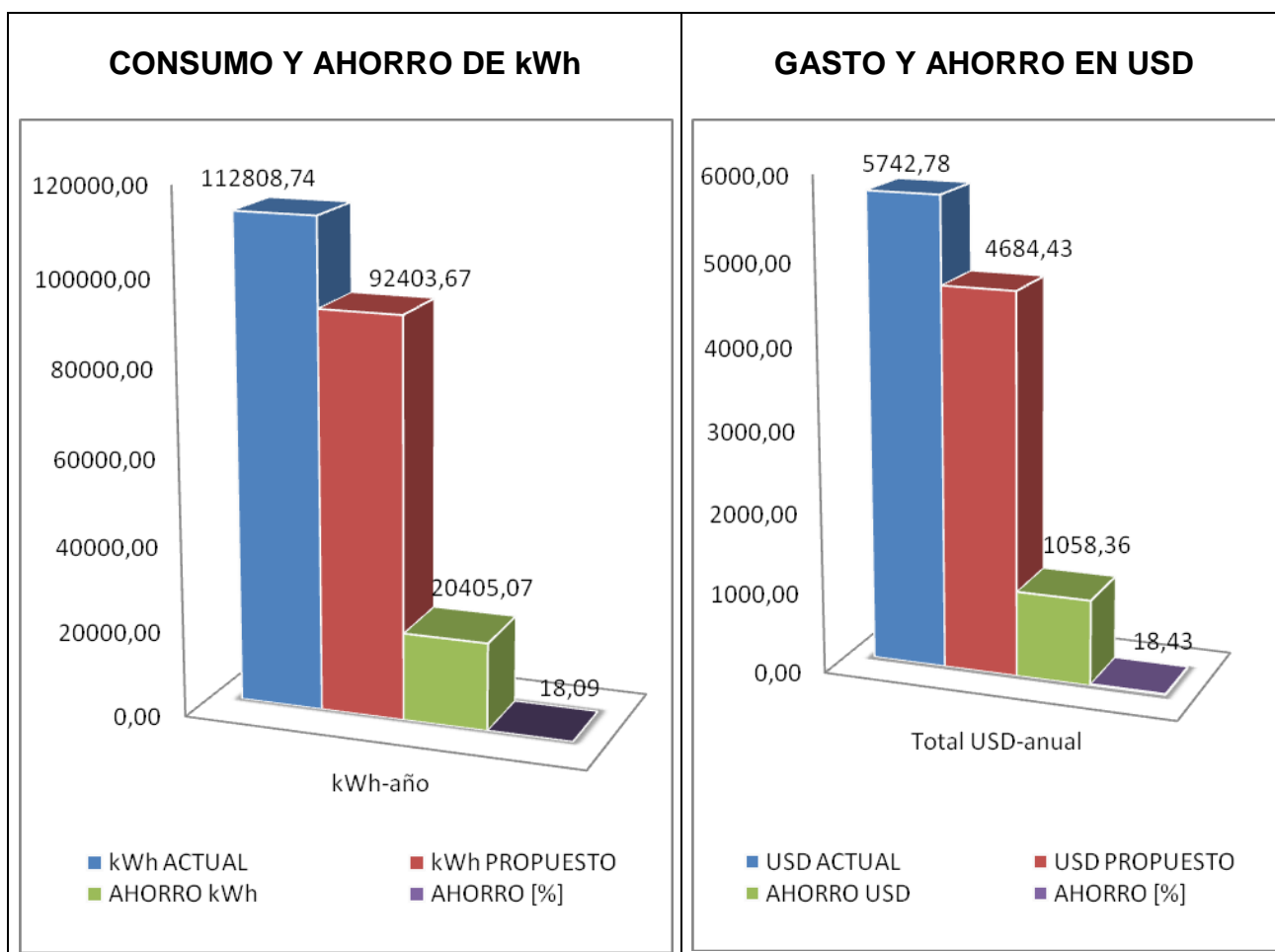


Gráfico 2.8 Consumo y ahorro de energía y económico que anualmente se tendrían al aplicarse la sustitución de luminarias. [dem al gráfico 3.2].

El instalar sensores de movimiento no es recomendable ya que el edificio tiene una población flotante y por lo tanto dichos sensores encenderían la luminaria cada instante y se corre el riesgo de quemar la lámpara.

2.1.7.2.2 Fuerza

Las medidas de ahorro que se plantean para este rubro es la sustitución de los motores que se encuentran en los Laboratorios de: Máquinas Eléctricas, Control de Máquinas y Control Industrial debido a que constituyen la mayor carga que se tiene en el edificio.

La razón de sustituir estos motores se debe a que su gran mayoría son motores antiguos donados por la UNESCO en los años 80, cuyas potencias de placa están entre los 2000 – 5000W; estos motores permanecen encendidos unos 45 minutos en cada sesión de laboratorio, muchas veces el tiempo de uso es menor y no todos funcionan simultáneamente, dependen de la práctica de laboratorio que se esté llevando a cabo.

Las salidas de tomacorrientes para las cargas del edificio no representan una carga importante en el edificio. Se revisaron los circuitos y la recomendación es que se mantenga un registro permanente y actualizado en planos de los cambios o extensiones de los circuitos para evitar la sobrecarga de los mismos. En general las instalaciones de tomacorrientes están en condiciones aceptables.

Existe un Aire Acondicionado en el Laboratorio de Redes I, dicho equipo tiene una potencia de 1500W y está programado para que funcione 20 min por cada 2 horas de clase, se recomienda programar el equipo para funcione 10 min al final de cada sesión y así disminuir el consumo de energía de dicho equipo .

2.1.7.2.2.1 *Sustitución de Motores*

Se propone la sustitución de los motores antiguos por motores más eficientes; en general los motores nuevos que se comercializan actualmente son más eficientes que los antiguos y demandan menos energía reactiva, lo que se traduce en importantes ahorros económicos en la factura eléctrica. “Los motores de alta eficiencia producen la misma potencia mecánica que los motores estándar con un menor consumo eléctrico debido a las mejoras en su diseño. Las pérdidas energéticas pueden reducirse en más de un 45%. Además presentan una vida útil mayor, operan a temperaturas más bajas y toleran mejores condiciones de funcionamiento no nominales...” [4]. Para encontrar los ahorros que se pueden obtener al aplicar esta medida y por cuestiones de cálculo, se ha tomado como referencia que la potencia de los motores a sustituir serán de 1,5 HP. Las especificaciones técnicas de dichos motores no se presentan en vista de que hay múltiples opciones a escoger y todo dependerá del presupuesto económico

disponible para realizar el cambio. En la tabla 2.13 y gráfico 2.9 se muestra los ahorros en energía y económicos que implican el aplicar esta medida:

| CONSUMO Y AHORRO DE ENERGIA AL APLICARSE LA SUSTITUCIÓN DE MOTORES | | | | |
|---|---------------|------------------|---------------|-------------------|
| | ACTUAL | PROPUESTO | AHORRO | AHORRO [%] |
| kWh-día | 564.04 | 534.52 | 29.52 | 5.23 |
| kWh-mes | 11280.87 | 10690.44 | 590.44 | 5.23 |
| kWh-año | 112808.74 | 106904.37 | 5904.37 | 5.23 |
| Total USD-día | 28.71 | 27.38 | 1.34 | 4.65 |
| Total USD-mes | 574.28 | 547.58 | 26.70 | 4.65 |
| Total USD-anual | 5742.78 | 5475.76 | 267.03 | 4.65 |

Tabla 2.13 Consumo y ahorros de energía y económicos al sustituir motores

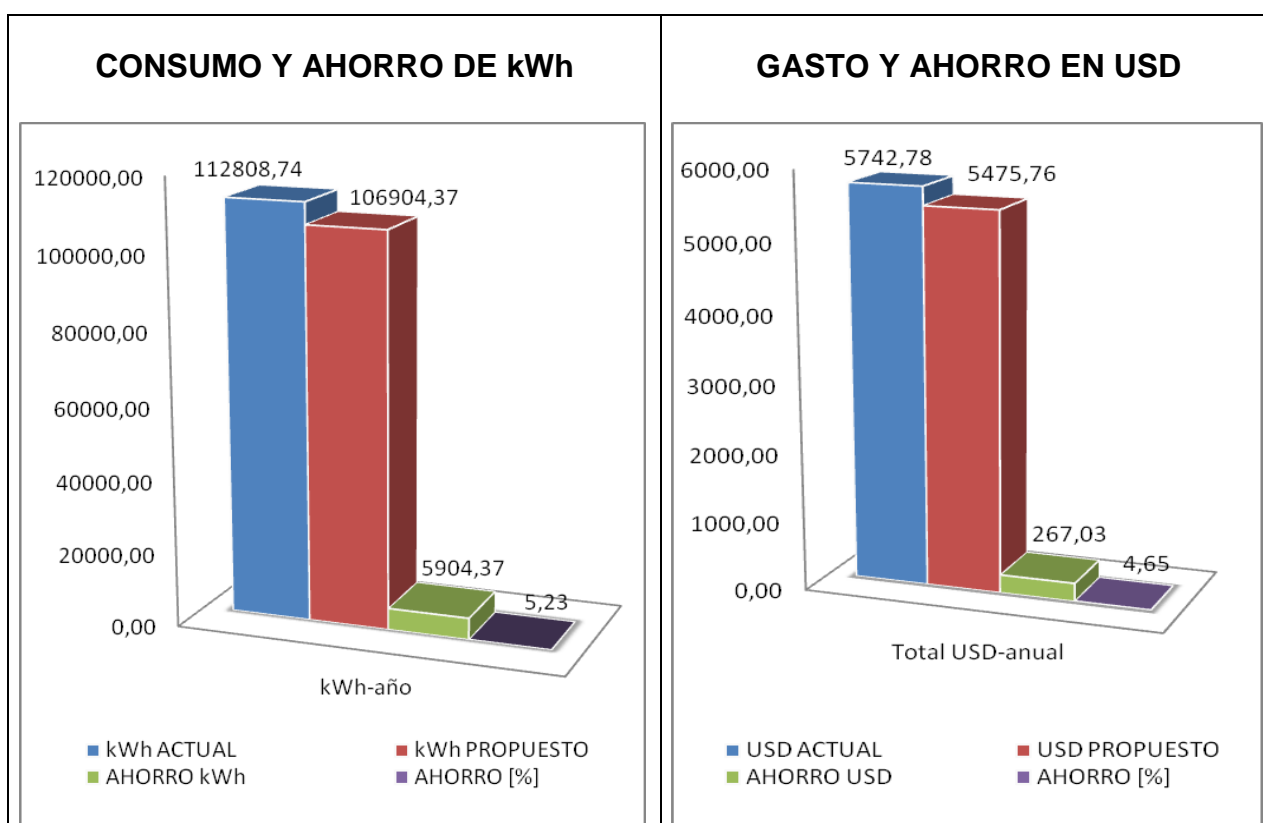


Gráfico 2.9 Consumo y ahorros económicos y de energía, que anualmente se tendrían al aplicarse la sustitución de motores.

Como se puede ver en el gráfico 2.9 los ahorros que se tendría en un año están entre el 4% y 5% tanto en energía como en dólares, esto nos indica que no es tan atractivo el invertir en la sustitución de motores dado que el porcentaje de ahorro no representaría la inversión futura.

2.1.7.2.3 Comunicación y Datos

El edificio está compuesto en su gran mayoría de computadores cuyos monitores son de tubos (CRT Tubos de Rayos Catódicos), los mismos que consumen más energía si se compara con los monitores de plasma; además de otros equipos de oficina como impresoras, fotocopiadoras, infocus, etc. Cada equipo tiene consumos energéticos unitarios relativamente bajos, pero en su conjunto y considerando el número de horas que están en funcionamiento, suponen una carga considerable responsables de más del 20% del consumo total de energía.

Una de las propuestas que se plantea es remplazar todos los monitores de CRT por los de LCD y conjuntamente motivar al personal el apagado de los mismos en las horas que no se necesita, en el siguiente literal se hace un análisis de los resultados que se obtendrían.

2.1.7.2.3.1 Sustitución de Monitores CRT Por Pantallas LCD

La propuesta a plantear como se dijo anteriormente es sustituir todos los monitores de CRT por monitores eficientes los mismos que posean logotipos con Etiqueta Ecológica y Energy Star, el primer logotipo indica que el equipo tiene unos requerimientos en materia de ahorro y eficiencia energética, además de cumplir con las normas de ruido, reciclado, vida útil y emisiones electromagnéticas; el segundo logotipo hace referencia a la eficiencia energética que dicta la Agencia Americana de Protección Medioambiental (EPA), en la que también participa la Unión Europea.

Así pues, se sugiere que los equipos a sustituir cuenten con ambas etiquetas o por lo menos con alguna de ellas como prioridad.

En la tabla 2.14 se indica la potencia instalada que actualmente hay en el edificio referente a este rubro:

| EQUIPOS | POTENCIA | CANTIDAD | TOTAL (W) |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Computadoras monitor plasma | 250 | 30 | 750 |
| Computadoras portátiles | 100 | 9 | 900 |
| Computadoras monitor de tubos | 300 | 136 | 40800 |
| TOTAL | 650 | | 42450 |

Tabla 2.14. Potencia Instalada en Datos y Comunicaciones

El edificio ha estado en un proceso de sustitución de monitores de CRT por los de LCD aunque todavía no se ha llegado a sustituir todos, lo cual es un buen paso para empezar con una política de Eficiencia Energética.

El ahorro de energía como económico que anualmente se tendría al sustituir los monitores antiguos por los de LCD es alrededor de un 4%; información adicional se puede ver en la tabla 2.15 y gráfico 2.10.

| CONSUMO Y AHORRO DE ENERGIA AL APLICARSE LA SUSTITUCIÓN DE MONITORES LCD | | | | |
|---|---------------|------------------|---------------|-------------------|
| | ACTUAL | PROPUESTO | AHORRO | AHORRO [%] |
| kWh-día | 564.04 | 541.40 | 22.65 | 4.01 |
| kWh-mes | 11280.87 | 10827.95 | 452.92 | 4.01 |
| kWh-año | 112808.74 | 108279.53 | 4529.21 | 4.01 |
| Total USD-día | 28.71 | 27.55 | 1.17 | 4.07 |
| Total USD-mes | 574.28 | 550.92 | 23.36 | 4.07 |
| Total USD-anual | 5742.78 | 5509.23 | 233.55 | 4.07 |

Tabla 2.15. Consumo y ahorros de energía y económicos referente a este rubro.

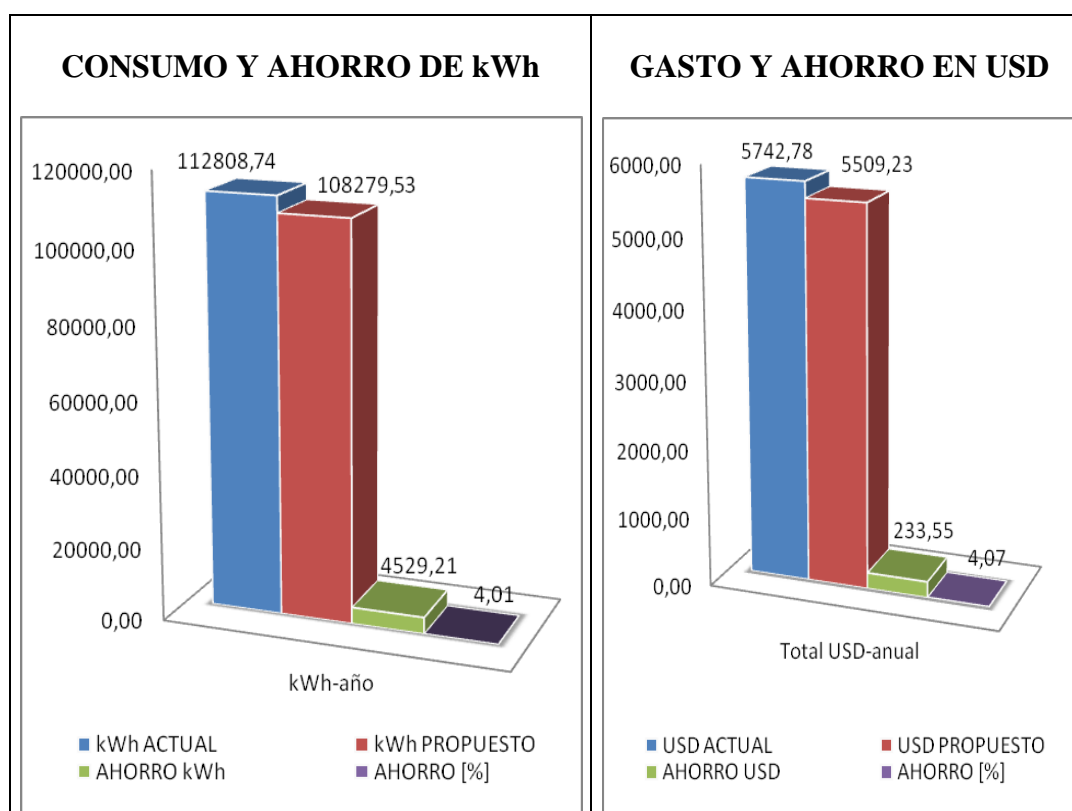


Gráfico 2.10. Consumo y Ahorros de energía y económicos que se tendría al aplicar la sustitución de motores antiguos por los de LCD.

2.1.8 PRIORIZACIÓN DE LAS MEDIDAS DE AHORRO PROPUESTAS

Dentro de las medidas de ahorro de energía propuestas, se recomienda la priorización de las mismas, tomando en cuenta que se deben aplicar primeramente las que no implican inversiones; con este criterio, en la tabla 2.16 se han establecido las siguientes medidas:

| MEDIDA | UBICACIÓN |
|--|-----------|
| Medidas Administrativas | 1 |
| Sustitución de Luminarias | 2 |
| Sustitución de Monitores CRT por monitores LCD | 3 |
| Sustitución de Motores | 4 |

Tabla 2.16 Priorización de las medidas de ahorro de energía propuestas

Al aplicarse las medidas de ahorro de energía administrativas y tecnológicas propuestas, los ahorros de energía y económico que se obtendrían son alrededor del 30%, este ahorro se vería reflejado en la reducción del pago de la planilla del consumo eléctrico; los resultados se muestran en la tabla 2.17 y en el gráfico 2.11:

| CONSUMO Y AHORRO DE ENERGIA AL APLICARSE MEDIDAS DE AHORRO PROPUESTAS | | | | |
|--|---------------|------------------|---------------|-------------------|
| | ACTUAL | PROPUESTO | AHORRO | AHORRO [%] |
| kWh-día | 564.04 | 390.46 | 173.58 | 30.77 |
| kWh-mes | 11280.87 | 7809.28 | 3471.60 | 30.77 |
| kWh-año | 112808.74 | 78092.77 | 34715.97 | 30.77 |
| Total USD-día | 28.71 | 19.92 | 8.80 | 30.64 |
| Total USD-mes | 574.28 | 398.33 | 175.95 | 30.64 |
| Total USD-anual | 5742.78 | 3983.28 | 1759.51 | 30.64 |

Tabla 2.17 Consumo y ahorro totales de energía y económicos al aplicarse todas las medidas de ahorro de energías planteadas.

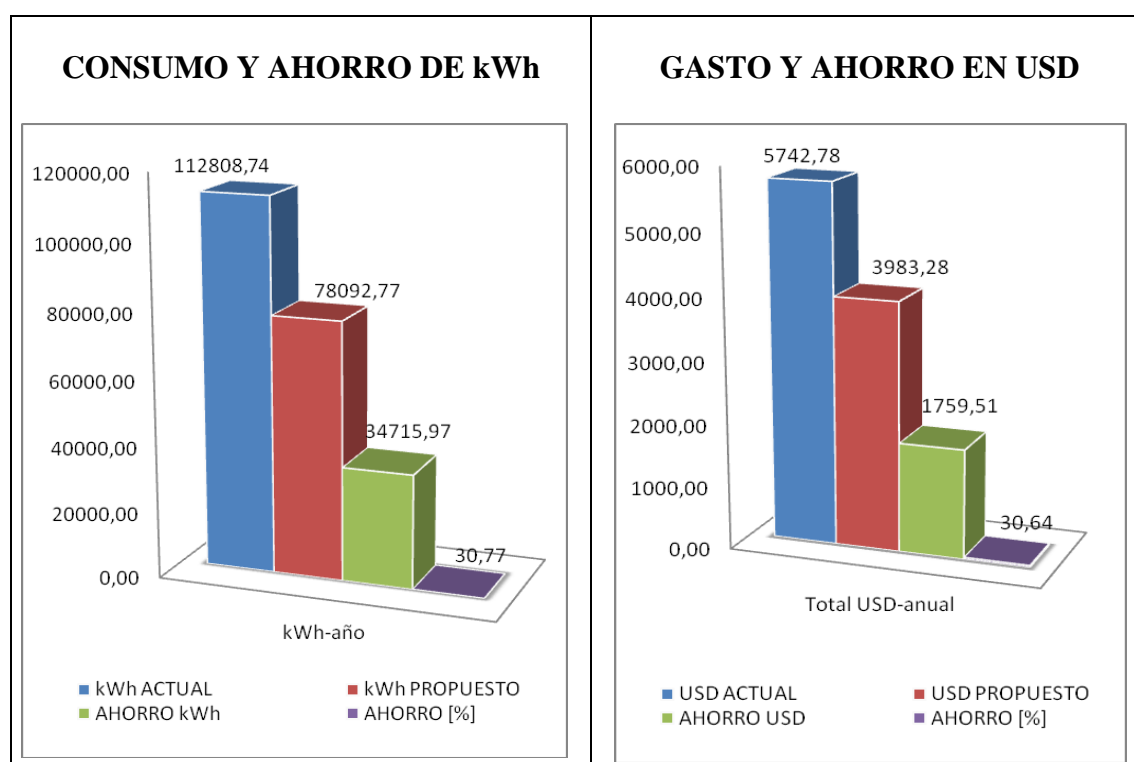


Gráfico 2.11 Consumo y Ahorro totales de energía y económico que se obtendría al aplicarse todas las medidas de ahorro planteadas.

2.1.9 ADOPCION DE LAS MEDIDAS DE AHORRO

El Comité de Gestión de Energía, enviará un informe a las autoridades de la Institución para que se prevea la asignación de fondos para la ejecución de los trabajos y compra de los materiales en base a las recomendaciones propuestas.

La Institución procederá igualmente a estudiar dicho informe y tomará la decisión más conveniente.

2.1.10 GESTION DE ENERGIA

2.1.10.1 Comité de gestión de energía

El Comité de Gestión de Energía tiene como objetivo principal lograr un uso racional de la energía, reducir los consumos y costos energéticos, sin perjuicio del confort, productividad, calidad de los servicios [5]. El mismo se encuentra conformado por las siguientes personal:

- | | |
|------------------------|-------------|
| • Ing. Antonio Bayas | Coordinador |
| • Ing. Bolívar Ledesma | Miembro |
| • Ing. Raúl Narváez | Miembro |
| • Fís. Marco Yáñez | Miembro |
| • Ing. Paúl Gachet | Invitado |

2.1.10.2 Plan de gestión energética

El Comité de Gestión de Energía, en colaboración con el responsable del estudio de diagnóstico energético y en base en el Manual de Eficiencia Energética elaborará un Plan anual de Gestión Energética del Edificio en base del cual se realizará la adopción de las medidas propuestas en este estudio con el fin de implementar la política energética de la institución, el mismo que será puesto a consideración de la máxima autoridad para su aprobación y que será de cumplimiento obligatorio por los empleados y ocupantes del edificio.

2.2 SEGUNDO CASO DE APLICACION - EVALUACION ENERGETICA A UNA RESIDENCIA.

Para el presente caso de aplicación y para su respectiva selección, se procedió a evaluar ciertas características de consumo de energía y hábitos de uso de dicho ente, de tal forma que los resultados obtenidos contribuyan con los objetivos del proyecto, por tal razón se acordó que la residencia a evaluarse debía tener un consumo mensual de energía promedio entre 400 y 500kWh y que además no se haya implementado un modelo o plan de ahorro de energía o políticas de eficiencia energética en la misma.

2.2.1 INFORMACION GENERAL

La residencia a ser evaluada se encuentra ubicado entre las avenidas Manuela Sáenz y Manuela Cañizares Capelo, en la parroquia San Rafael, barrio Capelo del cantón Rumiñahui. La residencia en su envolvente exterior, tiene un estilo antiguo tanto en su fachada como en su construcción, aprovecha en su gran mayoría la luz natural ya que posee amplias ventanas y sus paredes en su interior están pintadas de blanco lo cual ayuda a tener una buena reflexión del flujo luminoso. Cabe mencionar que dado los años que tiene la construcción no se tiene los planos arquitectónicos y no se sabe con exactitud las áreas de las instalaciones ocupadas pero en general el área que es ocupada es de 300 m² aproximadamente; la misma que está compuesta por cuatro dormitorios, tres baños, cocina, sala, comedor una lavandería que sirve al mismo tiempo como cuarto de planchar, lavar, gimnasio y de manualidades.

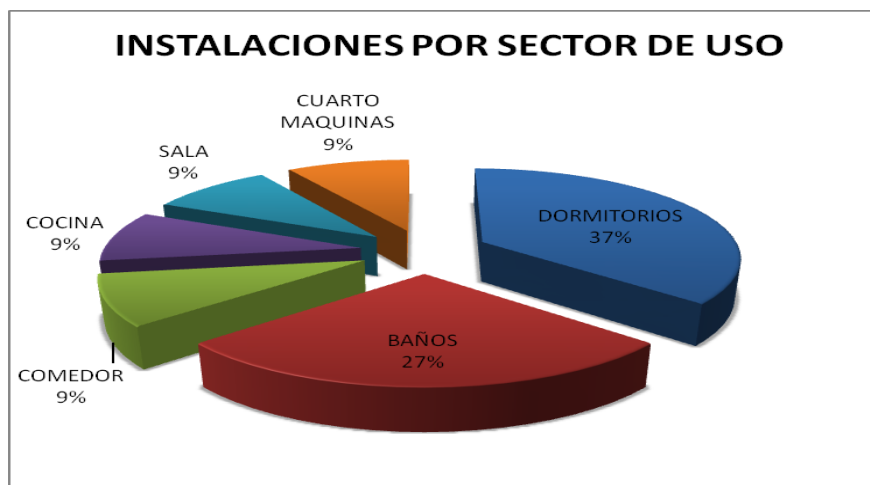


Gráfico 2.12 Instalaciones que componen la residencia de acuerdo a su uso.

La acometida que alimenta a esta residencia viene de la red de distribución pública que pasa por el exterior de la misma. Con respecto al mantenimiento que se le da a la parte eléctrica de la residencia, se puede mencionar que no es el óptimo; existen algunos toma corrientes dañados y son antiguos, algunas lámparas están quemadas además se puede notar que hay lámparas a las que no se les ha dado mantenimiento.

2.2.2 TARIFA ELECTRICA DE CONSUMO

Según el Pliego tarifario E.E.Q.S.A Anexo [A]. La tarifa por consumo de energía aplicada es "TARIFA RESIDENCIAL RUM- MEJ BAJA TENSION - 225". La misma que coincide con la planilla de consumo mensual.

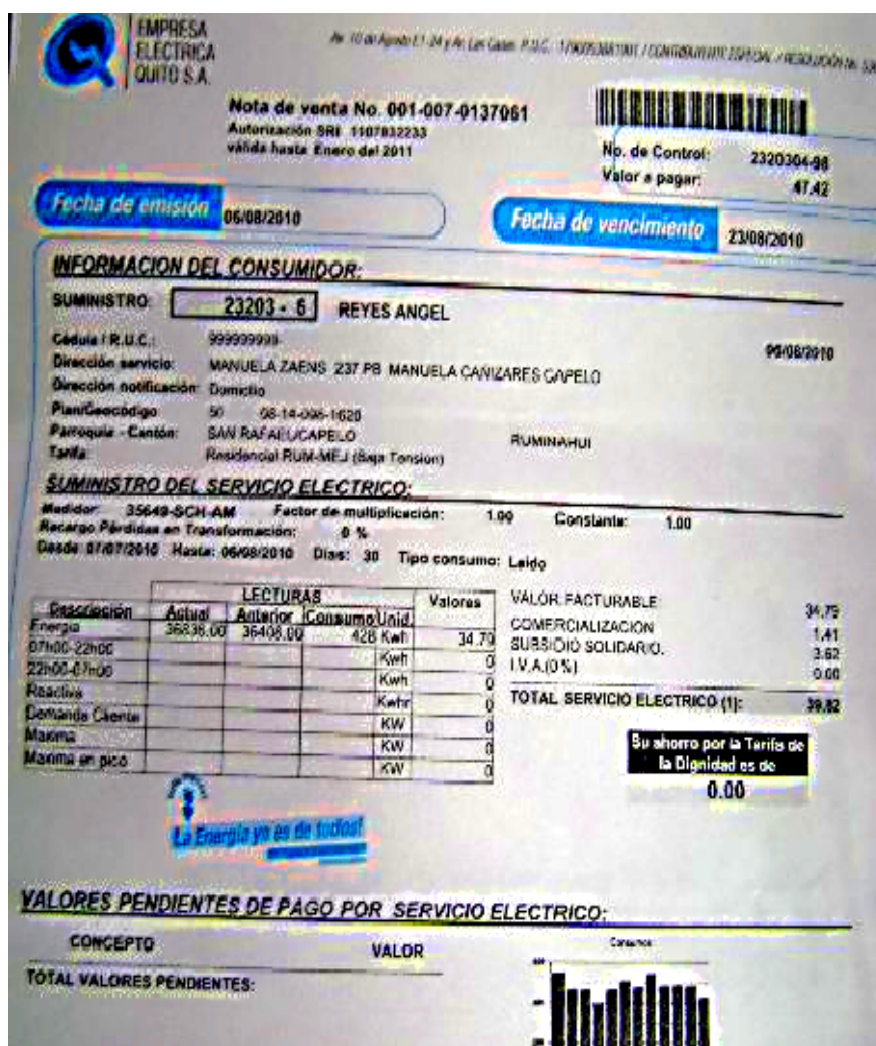


Figura 2.6 Factura Eléctrica de LA RESIDENCIA EN ESTUDIO.

El medidor de energía eléctrica de la residencia está a nombre de: REYES ANGEL suministro: 23203-6, el mismo que está ubicado en la pared exterior de la residencia sobre el buzón, cubierto por una pequeña caseta. En los valores de las planillas de los meses de Septiembre 2009 hasta Septiembre 2010 se puede observar que en el consumo de energía no varía bruscamente.

2.2.3 RESUMEN DE CONSUMO ELECTRICO

Se ha tomado como referencia un grupo de planillas correspondientes a un año desde el mes de Septiembre 2009 hasta Septiembre 2010, las cuales se encuentran en el Anexo [C], de éstas se ha obtenido un resumen anual de los parámetros eléctricos y económicos, los mismos que se muestran en la tabla 2.18 y en el gráfico 2.13

| RESUMEN ANUAL DEL CONSUMO ELECTRICO | |
|--|--------|
| ENERGIA kWh | 6246 |
| SUBSIDIO SOLIDARIO USD | 44.04 |
| COMERCIALIZACIÓN USD | 16.92 |
| TOTAL SERVICIO ELECTRICO USD | 588.1 |
| OTROS CONCEPTOS USD | 103.08 |
| TOTAL A PAGAR USD | 691.18 |

Tabla 2.18 Resumen Anual del Consumo de Energía en la residencia.

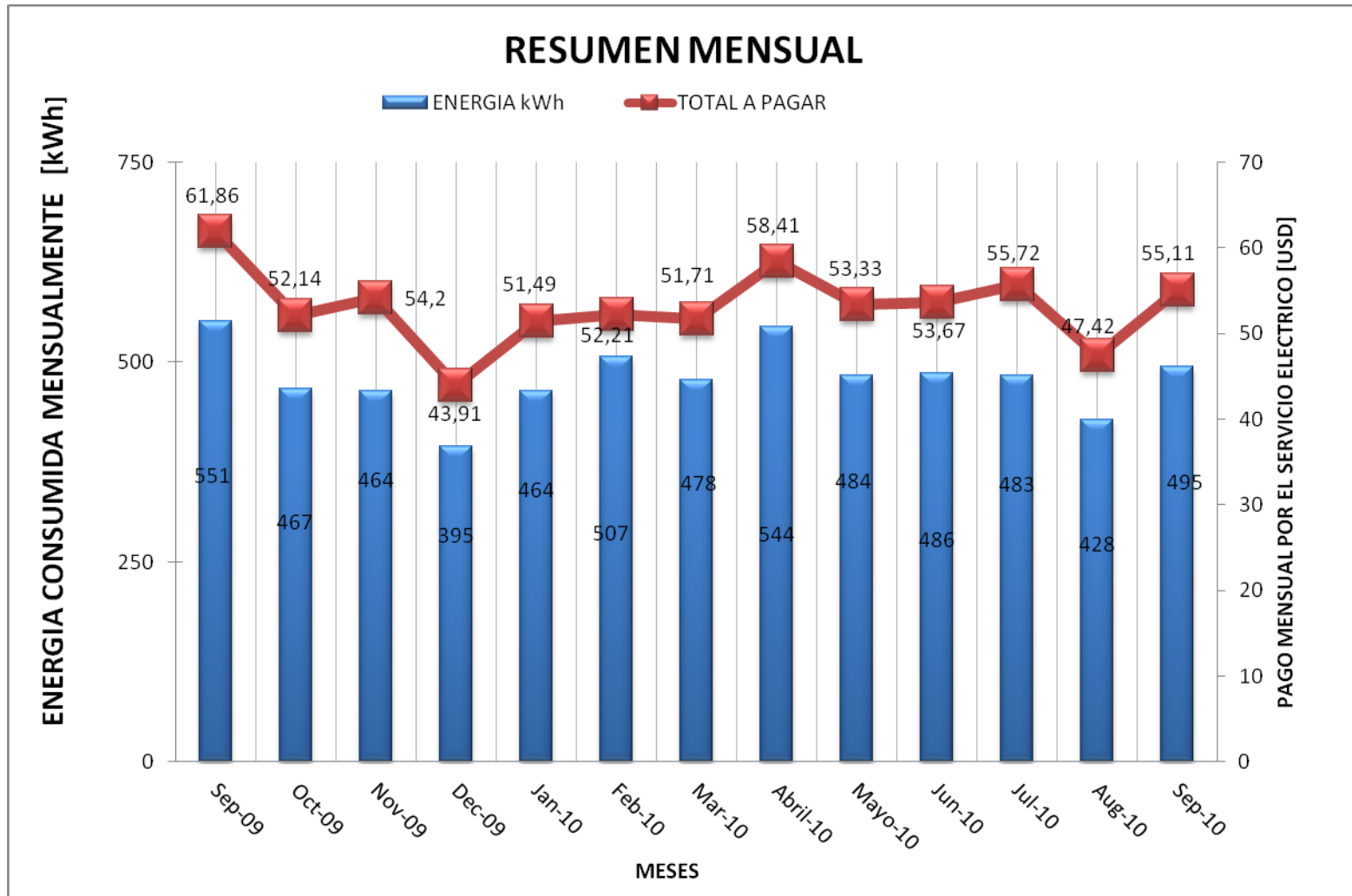


Gráfico 2.13 Resumen de consumo y pago por servicio de energía mensualmente de la residencia en estudio

2.2.3.1 Análisis

Al hacer un análisis de las curvas del gráfico 2.13 se puede observar que las tendencias de los meses evaluados no tienen picos extremos, el consumo está entre los 400 y 500 kWh en promedio. Se puede ver que en Septiembre, Febrero y Abril el consumo de energía tiene un aumento no tan significativo si se compara con los otros meses. Con respecto al pago mensual que se hace a la E.E.Q. S.A., por el consumo de energía se puede observar que tienen un comportamiento similar a las curvas del gráfico 2.13

En el siguiente literal se da comienzo a la evaluación energética de la residencia, donde se incluyen los temas relacionados con: el levantamiento de la carga eléctrica instalada, mediciones de los parámetros eléctricos más representativos para éste estudio y finalmente con las propuestas de ahorro de energía, las mismas que son evaluadas desde el punto de vista eléctrico y económico para este segundo caso de estudio.

2.2.4 CARGA ELECTRICA

Para conocer la carga instalada de la residencia, fue necesario hacer un levantamiento de la misma, con el fin de saber cuál es la carga que se tiene instalada y su distribución en la residencia; para eso se agrupado las cargas eléctricas en dos áreas las mismas que son: iluminación y equipos. En el gráfico 2.14 se muestra un resumen de la carga instalada y su respectiva distribución en la residencia.

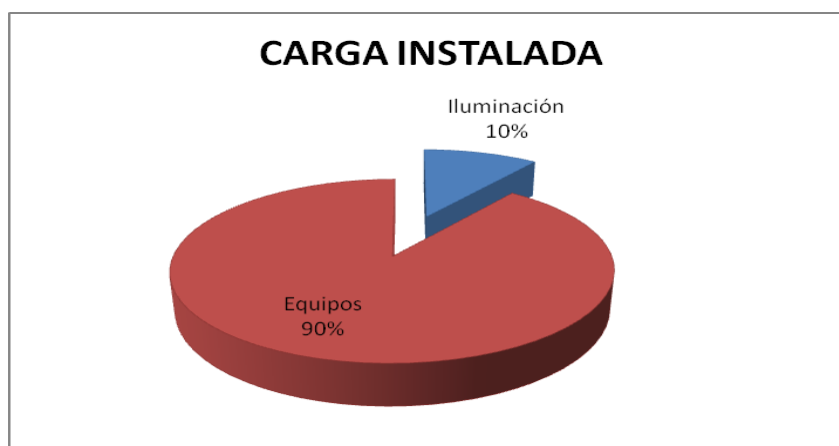


Gráfico 2.14 Potencia Instalada

2.2.4.1 Iluminación

Para el levantamiento de la iluminación se ha tomado en cuenta el tipo y cantidad de lámparas, que en su gran mayoría son focos incandescentes. En la tabla 2.19 se muestra un resumen de la potencia instalada y el total de vatios demandados correspondientes a iluminación.

| LEVANTAMIENTO DE LA ILUMINACION | | | |
|--|---------------|---------------------|-----------------|
| LOCAL | MODELO | POTENCIA [W] | CANTIDAD |
| Sala | Incandescente | 100 | 2 |
| Comedor | Incandescente | 100 | 2 |
| Dormitorios | Incandescente | 100 | 7 |
| Corredores | Incandescente | 100 | 4 |
| Baños | Incandescente | 100 | 3 |
| Cuarto Máq. | Fluorescente | 30 | 4 |
| | TOTAL | 1920 | 22 |

Tabla 2.19 Potencia Instalada en iluminación

2.2.4.2 Equipos

Se ha tomado la potencia que demanda el equipo en base a su dato de placa y etiqueta de todos los artefactos eléctricos y electrónicos representativos que hay en las instalaciones de la residencia. Un resumen general se puede ver en la siguiente tabla 2.20, donde la potencia instalada es de 16.65kW

| LEVANTAMIENTO DE ELECTRODOMESTICOS | | | |
|---|--------------------------|---------------------|-----------------|
| LOCAL | TIPO DE ARTEFACTO | POTENCIA [W] | CANTIDAD |
| Dormitorio A | TV | 100 | 1 |
| | Radio despertador | 10 | 1 |
| | PC de escritorio | 100 | 1 |
| | Ordenador personal | 100 | 1 |
| | Impresora | 480 | 4 |
| Dormitorio B | TV | 100 | 1 |
| | Radio despertador | 10 | 1 |
| | PC de escritorio | 300 | 1 |
| | Ordenador personal | 100 | 1 |
| Dormitorio C | TV | 100 | 1 |
| | Radio despertador | 10 | 1 |
| | PC de escritorio | 300 | 1 |
| | Equipos en stand by | 10 | 1 |
| Dormitorio D | TV | 100 | 1 |
| Ducha A | Ducha eléctrica | 2500 | 1 |
| Ducha B | Ducha eléctrica | 2500 | 1 |
| Ducha C | Ducha eléctrica | 2500 | 1 |
| Cocina | Encendedor eléctrico | 50 | 1 |
| | Horno eléctrico | 650 | 1 |
| | Refrigerador | 400 | 1 |
| | Licuadaora | 600 | 1 |
| | TV | 100 | 1 |
| | Radio | 10 | 1 |
| Lavandería | Lavadora | 550 | 1 |
| | Caminadora | 1000 | 1 |
| | Radio | 10 | 1 |
| | Plancha | 1000 | 1 |
| | Máquina de Coser | 370 | 2 |

| | | | |
|------|-------------------|-------|----|
| Sala | Decodificador | 25 | 2 |
| | Modem de teléfono | 10 | 1 |
| | Equipo de sonido | 70 | 1 |
| | TOTAL | 16650 | 32 |

Tabla 2.20 Potencia instalada correspondiente a equipos existentes para este caso.

2.2.5 MEDICIONES

El proceso de medición de los parámetros eléctricos más importantes se realizó en forma continua, en periodos de 15 minutos por siete días. El equipo de medición que se utilizó, fue un registrador de potencia 1735 Power Logger de marca Fluke, el mismo que fue ubicado en el Tablero Principal de Distribución (TPD) de donde parten los alimentadores a las diferentes dependencias. Ver figura 2.7



Figura 2.7 Instalación del analizador redes en el TPD de la residencia.

2.2.5.1 Resultado de las mediciones

Cabe indicar que la curva de carga diaria escogida para el presente caso de estudio corresponde al de un día de máxima demanda registrado por el equipo, su selección se la hizo en base a los criterios aplicados en el edificio antiguo de la Facultad de Ingeniería Eléctrica.

2.2.5.1.1 Curva de Carga Diaria de la Residencia

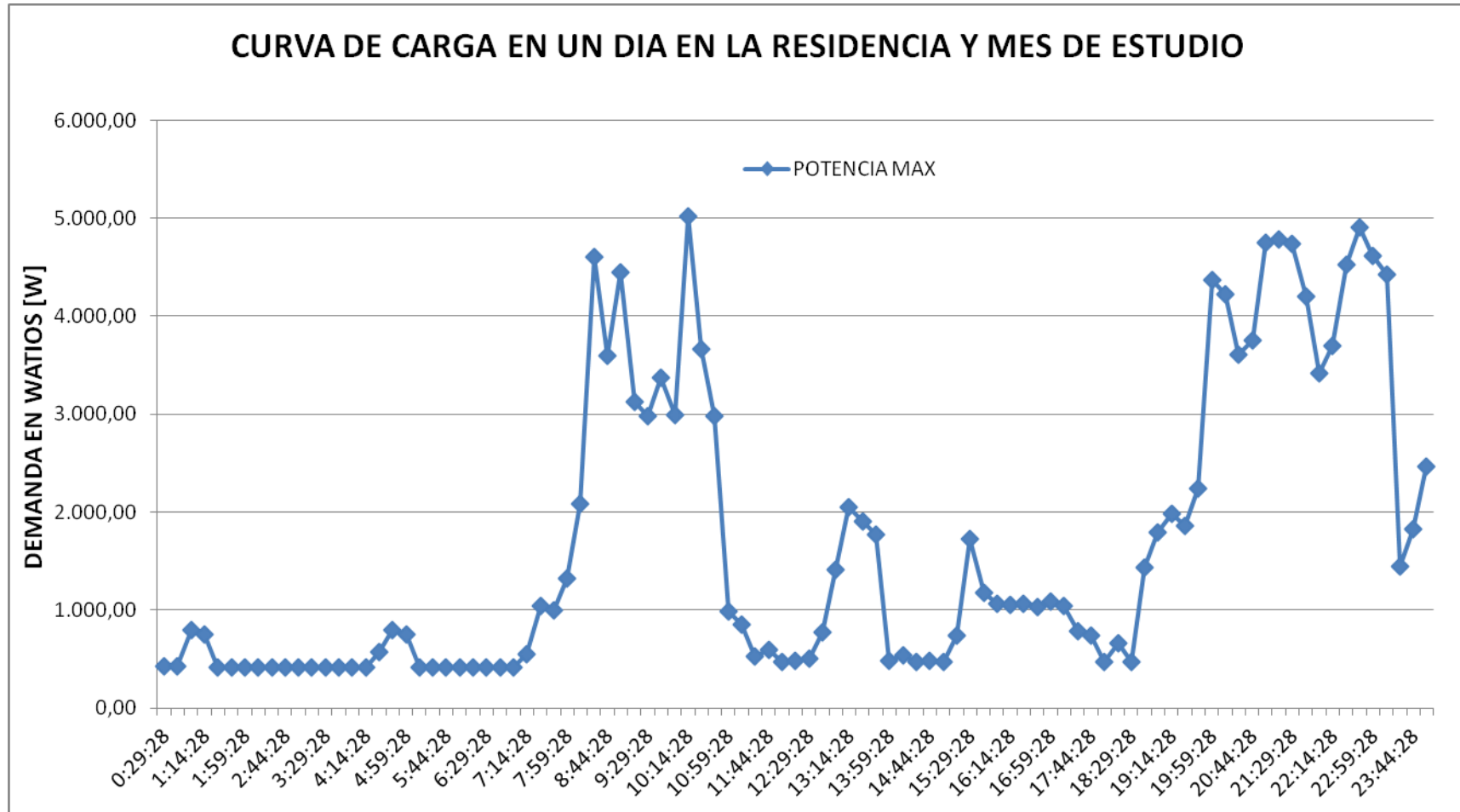


Gráfico 2.15 Curva de carga diaria de la residencia - día 03 de Septiembre 2010

2.2.5.1.2 Voltajes y Corrientes

A continuación se presenta las mediciones correspondientes a los parámetros eléctricos más importantes tomadas por el registrador.

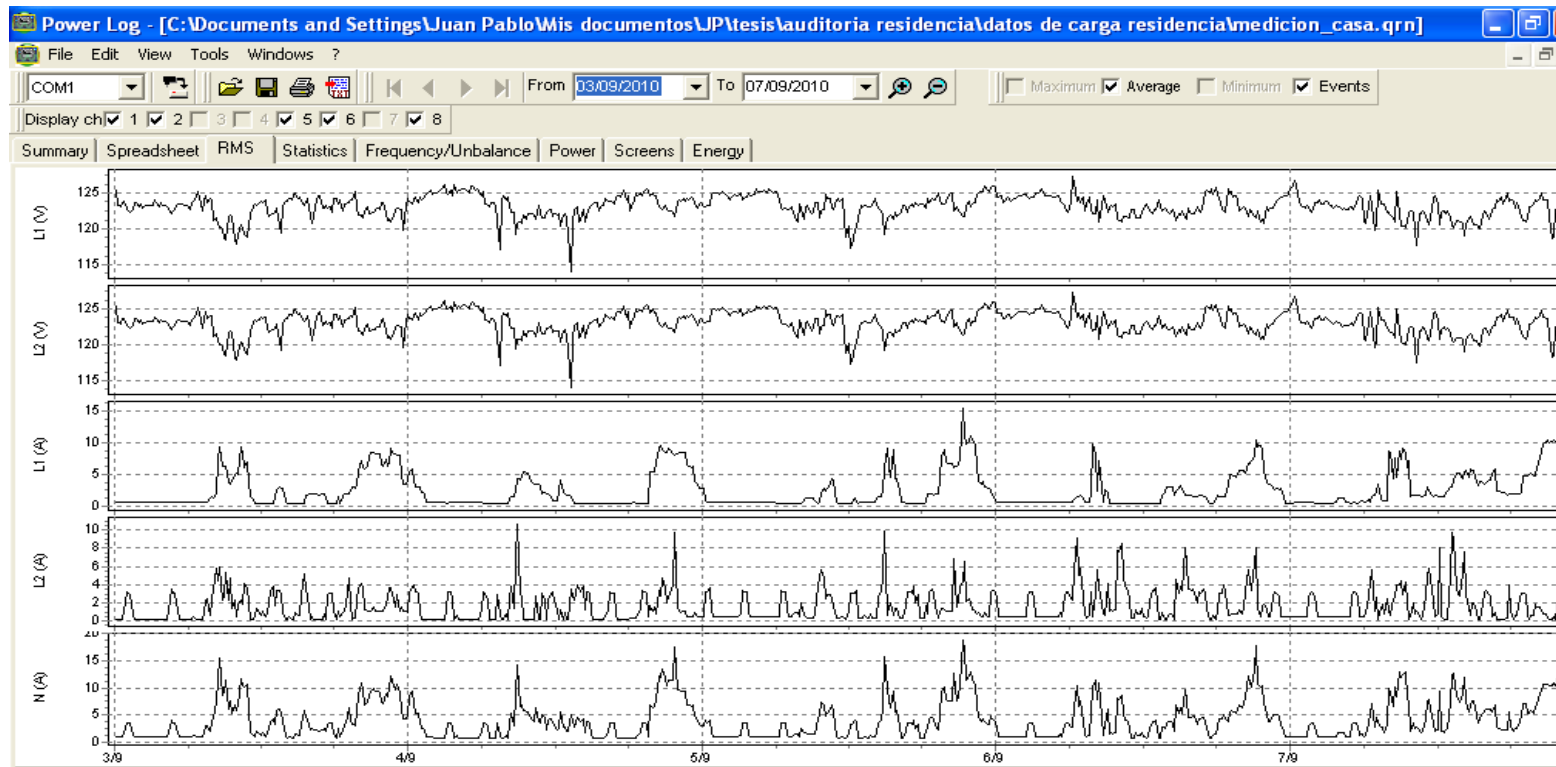


Figura 2.8 Voltajes y Corrientes

2.2.5.1.3 Potencia

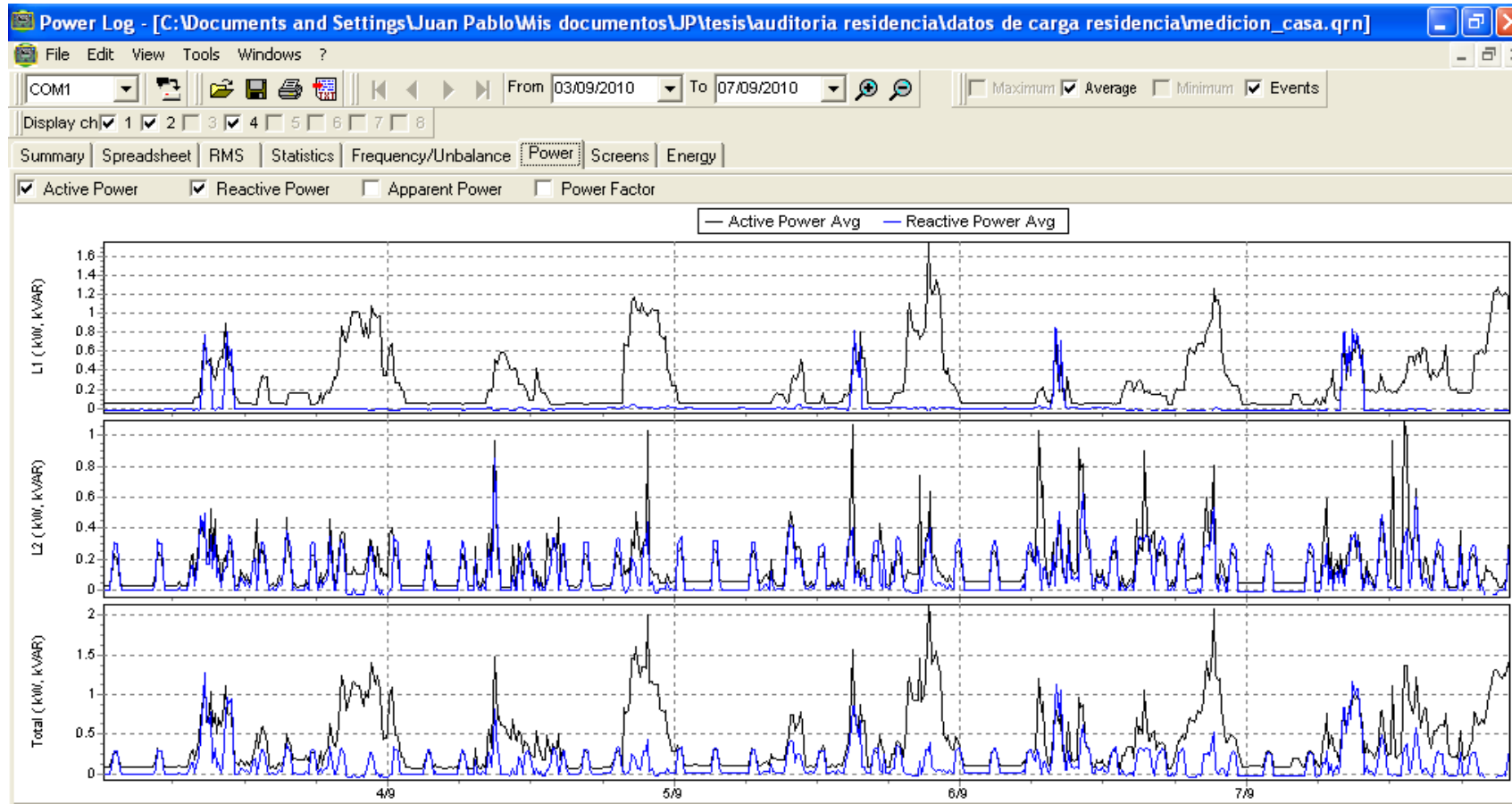


Figura 2.9 Potencia Activa - Reactiva y total de la residencia

2.2.5.1.4 Energía

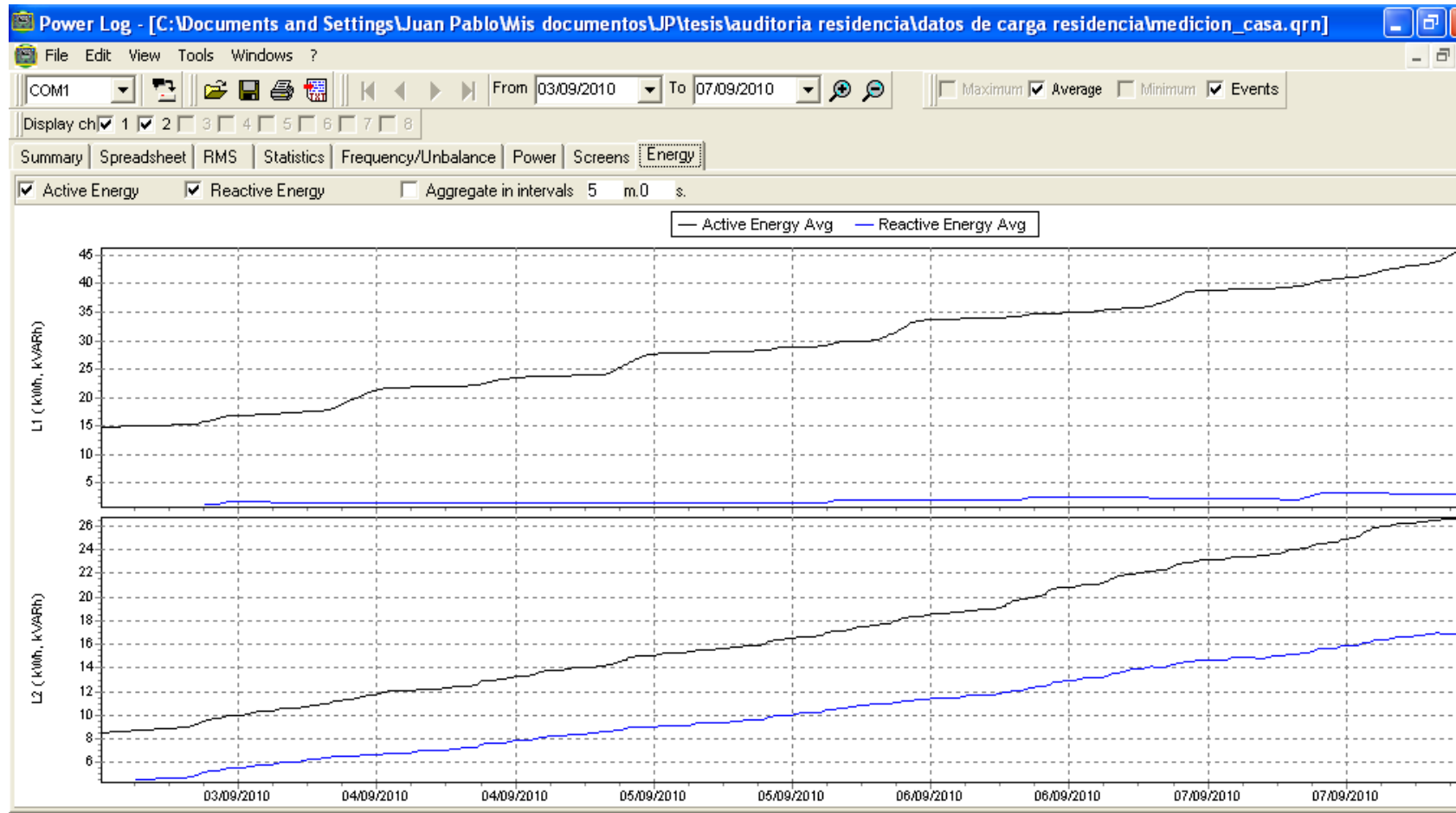


Figura 2.10 Energía Activa – Reactiva y Total

2.2.5.2 Conclusiones y recomendaciones de las mediciones

Con los resultados entregados por el registrador de potencia, se concluye que:

- La curva de carga o demanda diaria de los días de medición, tiene un comportamiento variable a lo largo del día, dicho comportamiento se repite en el periodo de mediciones.
- El comportamiento de la curva de carga es variable en el tiempo, empieza con un incremento progresivo de la demanda a partir de las 6H00 am hasta alcanzar un pico aproximadamente entre las 8H00 am y 9H00 am, seguidamente presenta una disminución de demanda y vuelve a crecer a las 10H00 am, a partir de esa hora empieza a decrecer la demanda teniendo dos picos que están entre las 2H00 pm y 3H00 pm; nuevamente decrece hasta llegar a las 17H00 de esa hora en adelante se tiene picos significativos que se mantienen hasta las 22H00, hora en la cual empieza a disminuir la demanda hasta permanecer constante hasta las 6H00 am.
- El perfil de voltaje está dentro de los parámetros aceptables, cabe señalar que en el horario de la madrugada se tiene un perfil de voltaje superior al 5% del nominal.
- Con respecto al equilibrio de fases se puede apreciar, que existe corriente en el neutro, es decir que la carga en cada fase no está equilibrada y por lo tanto hay un desbalance de las mismas, además de que se tiene el aporte cargas no lineales.
- En forma general y sin entrar en profundidad sobre el tema de armónicos y la calidad de la energía se concluye: que existe la presencia de armónicos pero se encuentran en los rangos permitidos debido a que existe cargas no lineales en la residencia como impresoras, computadores, lámparas fluorescentes. Con respecto a la calidad de energía que se suministra a la residencia se puede decir que está dentro de los límites aceptables según nuestro registrador.
- Se recomienda hacer de manera urgente una remodelación de los planos eléctricos y en lo posible repartir equitativamente la carga.

2.2.6 INDICES DE CONSUMO ENERGETICO

En la tabla 2.21 se muestra los índices más representativos del consumo energético que se tiene en el edificio, se ha tomado la Energía por área (kWh/m²) y la Potencia instalada por área (W/m²) como dos indicadores de eficiencia energética importante.

| INDICADORES ENERGETICOS | |
|--|------------------|
| CONCEPTO | VALOR |
| PERIODO DE FACTURACION | Sep. 09 -Sep. 10 |
| ENERGIA [kWh] | 6246 |
| AREA [m ²] | 320 |
| OCUPANTES | 7 |
| ENERGIA POR AREA [kWh/m ²] | 19.52 |
| [W] ILUMINACIÓN POR AREA [W/m ²] | 6.00 |
| ENERGIA POR PERSONA [kWh/PERS.] | 892.29 |
| PAGO POR AREA[USD/m ²] | 2.16 |

Tabla 2.21 Indicadores Energéticos

2.2.7 MEDIDAS DE AHORRO DE ENERGIA

2.2.7.1 Administrativas y otras

En base al levantamiento de carga y los hábitos de uso de la energía por parte de los ocupantes de la residencia, se plantea un conjunto de oportunidades de ahorro de energía en los sistemas de iluminación, equipos eléctricos y electrónicos que se detallan a continuación. Al final se ha hecho un análisis aproximado del ahorro tanto en energía como económico que se obtendría, si se aplica dichas medidas.

2.2.7.1.1 Iluminación

- Encender los focos cuando sea estrictamente necesario.
- Aprovechar al máximo la luz natural en los dormitorios, sala y comedor.

- Acomodar en lo posible los horarios de trabajo en casa con los horarios donde se pueda aprovechar al máximo la luz natural.
- Dar mantenimiento a las lámparas, sobre todo las superficies reflectoras y difusoras.
- Reducir los niveles de iluminación hasta el mínimo recomendado para las actividades que se vayan a realizar. Seccionar circuitos de iluminación para segmentar su uso.
- Concienciar a la familia sobre el uso eficiente y racional de la iluminación y de la energía.

2.2.7.1.2 Equipos eléctricos y electrónicos

- Se recomienda en lo posible cambiar el horario del trabajo doméstico a un horario fuera de la hora pico, es decir fuera del horario de 18H00 a 22H00, para así evitar que muchas actividades domésticas tales como planchar, bañarse y otras, las cuales demandan una cuota considerable de energía coincidan con la hora pico.
- Evitar en lo posible la simultaneidad en el uso de los equipos que tienen elevados niveles de potencia para evitar sobrecarga en los circuitos.
- No exagerar en el tiempo de uso de las duchas eléctricas y evitar en lo posible el uso de todas ellas al mismo tiempo.
- Centralizar el uso de los televisores y evitar que estos permanezcan encendidos innecesariamente o que estén encendidos todos al mismo tiempo.
- Encender el computador y la impresora solo cuando vayan a ser utilizados y evitar que dichos equipos permanezcan encendidos por largos periodos de tiempo.
- Desconectar todos los equipos eléctricos y electrónicos por completo de la red para evitar que consuman energía en modo stand by y también por precaución, ya que se pudo evidenciar, que en este sector se tiene tormentas eléctricas que traen consigo sobre voltajes que pueden dañar los equipos electrónicos de inmediato o disminuir la vida útil de los mismos.

- Se recomienda conectar todos los equipos de una zona de trabajo en una base de enchufes múltiples con interruptor, de manera que una vez terminada la jornada se puedan apagar únicamente pulsando el interruptor de la regleta.
- Programar el computador para que se active el protector de pantalla en negro tras 5 minutos de inactividad.
- Se recomienda usar el protector en negro ya que una imagen de colores claros fijada en la pantalla puede consumir grandes cantidades de energía.
- Configurar las impresoras el modo de ahorro de energía en las que se tenga esta opción y además configurar una de ellas para que trabaje en red y sea compartida; así se evitará encender la impresora en cada dormitorio al mismo tiempo.
- Dar un mantenimiento y revisión de las conexiones y contactos eléctricos de los circuitos que suministran energía a los equipos eléctricos, ya que un correcto funcionamiento de los mismos ayudará reducir las pérdidas eléctricas del equipo.
- Dar el mantenimiento respectivo al tablero de distribución y evitar las extensiones de circuitos de tomacorrientes con conductores no apropiados.
- Además equilibrar en lo posible las fases para reducir las pérdidas en el neutro.

Manteniendo las condiciones actuales de la residencia y además conociendo los hábitos de uso de los ocupantes de la misma, se muestra en la tabla 2.22 y gráfico 2.16 los ahorros de energía en un día, mes y año que se pueden obtener al aplicar las medidas descritas anteriormente.

Cabe explicar que estos resultados mostrados en la tabla 2.22 y gráfico 2.16 son un aproximado y han sido obtenidos a partir de las mediciones de los parámetros eléctricos realizados además de la reconstrucción del menú energético aproximado diario de la residencia evaluada.

| CONSUMO Y AHORRO DE ENERGIA AL APLICARSE MEDIDAS ADMINISTRATIVAS | | | | |
|--|---------|-----------|---------|------------|
| | ACTUAL | PROPUESTO | AHORRO | AHORRO [%] |
| kWh-día | 17.61 | 13.51 | 4.10 | 23.27 |
| kWh-mes | 528.30 | 405.38 | 122.91 | 23.27 |
| kWh-año | 6339.56 | 4864.60 | 1474.96 | 23.27 |
| Total USD-día | 1.57 | 1.20 | 0.36 | 23.27 |
| Total USD-mes | 47.02 | 36.08 | 10.94 | 23.27 |
| Total USD-anual | 564.22 | 432.95 | 131.27 | 23.27 |

Tabla 2.22 Consumo y ahorro de energía aplicando medidas administrativas en la residencia

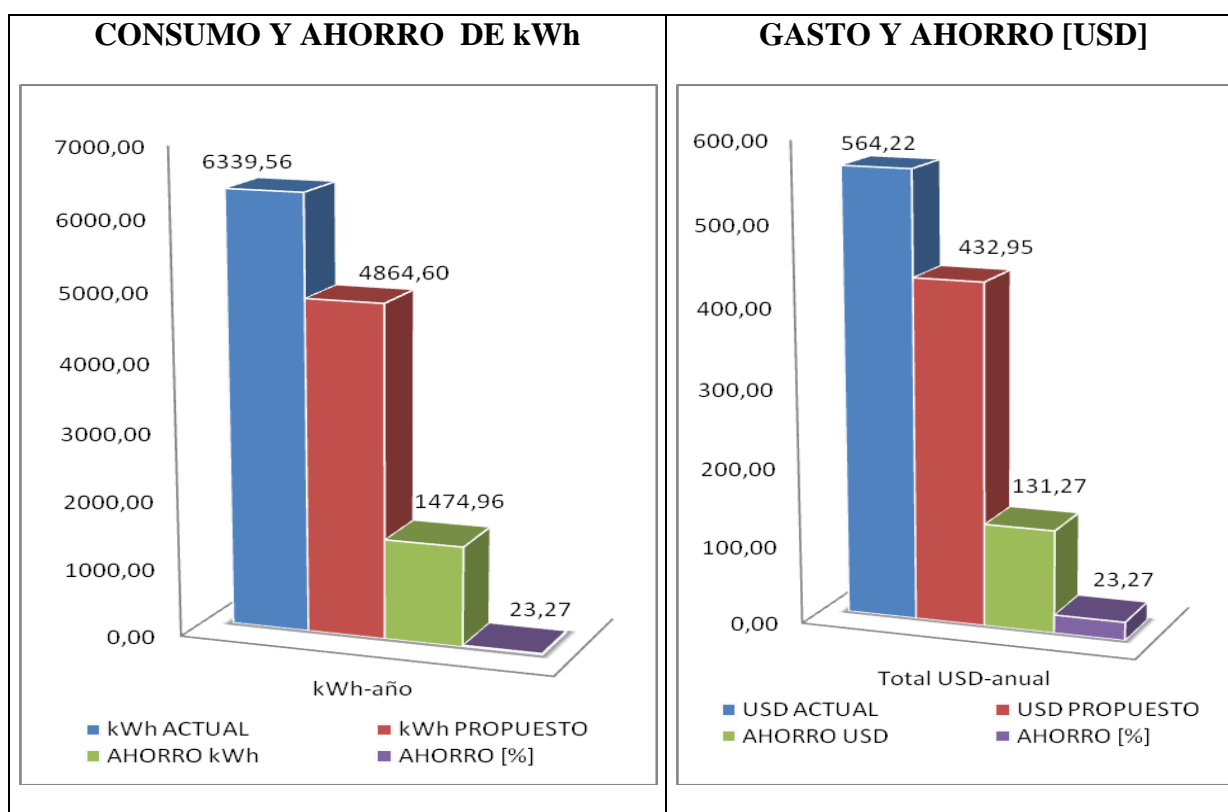


Gráfico 2.16 Consumo y ahorros de energía y USD en un año aplicando medidas administrativas en la residencia.

2.2.7.2 Medidas tecnológicas

2.2.7.2.1 Iluminación

En el levantamiento de carga se encontró que la mayoría de lámparas que están instaladas en la residencia son de tipo: Incandescentes de 100W, ineficientes, salvo unas pocas lámparas fluorescentes compactas.

2.2.7.2.1.1 *Sustitución de lámparas*

Se plantea hacer una sustitución de las lámparas incandescentes ineficientes de 100W, por lámparas fluorescentes compactas eficientes de 20W, pero tomando en cuenta el no afectar los niveles de iluminación. En la tabla 2.23 se hace un resumen de la potencia instalada actualmente y la que se obtendrían al aplicar este tipo de medida.

| LOCAL | CONDICIONES ACTUALES | | MEDIDA PROPUESTA | | AHORRO |
|--------------|----------------------|-------------|-------------------|------------|-------------|
| | Cantidad Lámparas | VATIOS | Cantidad Lámparas | VATIOS | VATIOS |
| SALA | 2 | 200 | 2 | 40 | 160 |
| COMEDOR | 2 | 200 | 2 | 40 | 160 |
| DORMITORIOS | 7 | 700 | 7 | 140 | 560 |
| CORREDORES | 4 | 400 | 4 | 80 | 320 |
| BAÑOS | 3 | 300 | 3 | 60 | 240 |
| CUARTO MAQ. | 4 | 120 | 4 | 80 | 40 |
| TOTAL | 22 | 1920 | 22 | 440 | 1480 |

Tabla 2.23 Ahorro de la Potencia Instalada aplicando la medida.

De la misma forma que en el caso anterior se ha hecho un análisis aproximado de los ahorros en energía y económicos que se tendrían al aplicarse la presente medida, descrito en la tabla 2.24 y gráfico 2.17:

| CONSUMO Y AHORRO DE ENERGIA AL SUSTITUIR LÁMPARAS | | | | |
|---|-----------|---------|---------|------------|
| | PROPUESTO | ACTUAL | AHORRO | AHORRO [%] |
| kWh-día | 14.61 | 17.61 | 3.00 | 17.01 |
| kWh-mes | 438.43 | 528.30 | 89.87 | 17.01 |
| kWh-año | 5261.16 | 6339.56 | 1078.40 | 17.01 |
| Total USD-día | 1.30 | 1.57 | 0.27 | 17.01 |
| Total USD-mes | 39.02 | 47.02 | 8.00 | 17.01 |
| Total USD-anual | 468.24 | 564.22 | 95.98 | 17.01 |

Tabla 2.24 Consumo y ahorro tanto en energía como económico al aplicarse la sustitución de lámparas en la residencia.

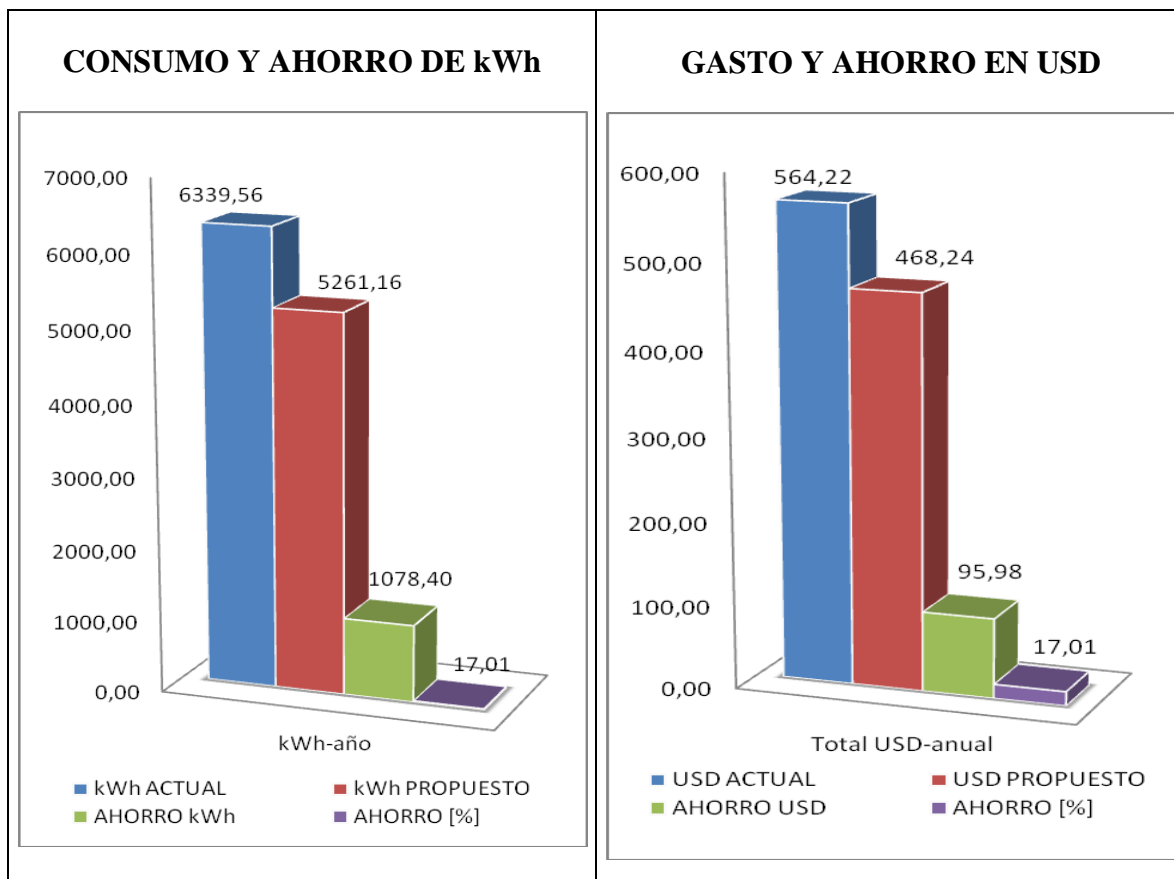


Gráfico 2.17 Consumo y ahorros de energía y económico que anualmente se tendrían al aplicarse la sustitución de luminarias.

2.2.7.2.2 Artefactos eléctricos y electrónicos

Las medidas de ahorro que se plantean para este rubro es la sustitución de todos los artefactos eléctricos y electrónicos, que demandan potencias elevadas; entre estos están: duchas eléctricas, refrigerador, licuadora, lavadora, ordenadores y televisores.

Con respecto a las medidas de ahorro referente a los equipos electrónicos que hay en la residencia, no se recomienda la sustitución ya que son pocos equipos y el ahorro que se obtendría sería mínimo alrededor del 1%, por lo tanto no compensa la inversión por el reemplazo de los mismos. Cabe mencionar que en un principio se pretendía reemplazar todos los televisores y ordenadores existentes por unos actuales y eficientes pero al hacer el análisis de los ahorros de energía y económicos que se obtendrían en un futuro, se pudo concluir que no era

representativo impulsar dicha medida ya que la inversión sería costosa y los ahorros serían mínimos.

Para compensar esta medida de ahorro de energía se propone centralizar el uso de los televisores y usar en lo posible un televisor actual con características eficientes a cambio de los tres, ubicándolo en un lugar estratégico; como por ejemplo la sala. De igual forma, se recomienda en lo posible utilizar un ordenador personal a cambio del de escritorio debido que el consumo de energía será menor. Evitar utilizar o encender dichos equipos simultáneamente.

Finalmente se revisó los circuitos y la recomendación es que se mantenga un registro permanente y actualizado en planos de los cambios o extensiones de los circuitos para evitar la sobrecarga de los mismos y sobre calentamiento de los conductores causando pérdidas eléctricas innecesarias.

2.2.7.2.2.1 *Sustitución de artefactos eléctricos*

Se propone un análisis de los ahorros en energía y económicos que se obtendrían al sustituir los equipos mencionados anteriormente. Para el reemplazo de los enseres del hogar se ha tomado como referencia sustituir dichos equipos por unos eficientes que obligatoriamente posean etiquetas tales como: ENERGY GUIDE o ENERGY STAR, esta etiqueta nos hace referencia de que dichos equipos cumplen con las normas mínimas federales de eficiencia energética y que tengan un promedio de vida útil de 10 a 20 años.

Referente a las duchas eléctricas existentes en la residencia, se propone en lo posible la sustitución inmediata de las mismas por un colector solar que podría ser de las siguientes características y que actualmente está en nuestro mercado:

- Tubos al Vacío: De alta eficiencia, con tecnología de súper conductores, con tres capas de color oscuro depositadas en el interior del tubo cuya función es: atrapar la energía del sol, evitar que parte de ella se refleje y estabilizar el

material, además absorben también el calor del medio ambiente y cuando está nublado.

- El cilindro exterior del tanque: Hecho con acero inoxidable SUS304BA
- Tanque interno de agua: Hecho con plancha de acero inoxidable de 0.5 mm. Con grado alimenticio SUS304-2B.
- Material aislante: El termo tanque está forrado con un aislante térmico de Poliuretano Inyectado, de alta densidad de 5 cm., de espesor, inyectado a alta presión y con tratamiento de temperatura con el objetivo de obtener el máximo efecto de conservación de calor, con un rango de temperatura entre 45 grados y 95 grados centígrados.
- A alta presión que permite la entrega de energía calórica.
- Estructura: Hecho con acero galvanizado seleccionado de gran espesor, moldeado a presión. Posee tratamiento de resistencia a la corrosión y con bloqueo a los rayos UV.

El costo aproximado del colector solar oscila entre los 500 y 1000USD.

Otra alternativa de sustitución de las duchas eléctricas es la de reemplazarlas por un Calefón cuyo funcionamiento es base de GLP (Gas Licuado de Petróleo), su costo oscila entre los 100 y 300USD. Cabe recordar y aclarar que estas dos alternativas de sustitución deben abastecer las necesidades de la residencia.

En la tabla 2.25 y gráfico 2.18 se muestran los ahorros de energía y económicos que implican el aplicar esta medida:

| CONSUMO Y AHORRO DE ENERGIA AL SUSTITUIR EQUIPOS | | | | |
|---|------------------|---------------|---------------|-------------------|
| | PROPUESTO | ACTUAL | AHORRO | AHORRO [%] |
| kWh-día | 13.35 | 17.61 | 4.26 | 24.20 |
| kWh-mes | 400.46 | 528.30 | 127.83 | 24.20 |
| kWh-año | 4805.56 | 6339.56 | 1534.00 | 24.20 |
| Total USD-día | 1.19 | 1.57 | 0.38 | 24.20 |
| Total USD-mes | 35.64 | 47.02 | 11.38 | 24.20 |
| Total USD-anual | 427.69 | 564.22 | 136.53 | 24.20 |

Tabla 2.25 Consumo y ahorros de energía y económicos al sustituir los artefactos eléctricos

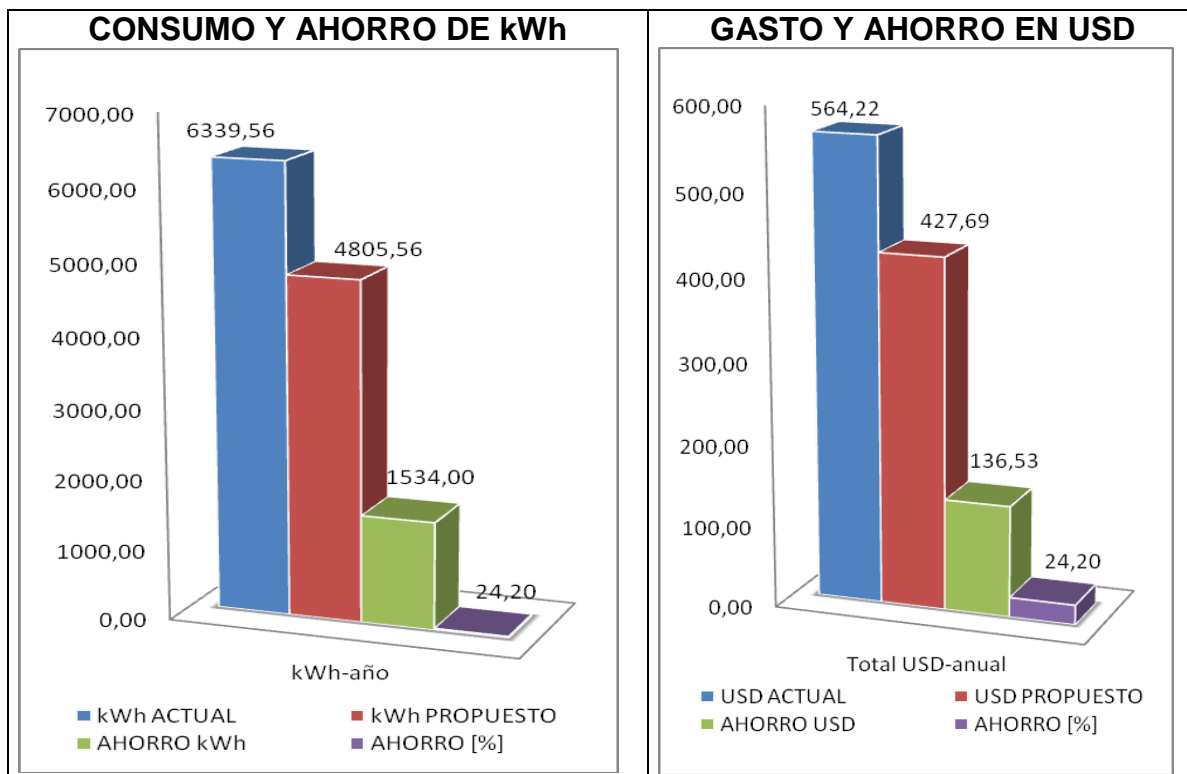


Gráfico 2.18 Consumo y ahorro de energía y económico que anualmente se tendrían al aplicarse la sustitución de artefactos eléctricos en la residencia.

2.2.8 PRIORIZACION DE LAS MEDIDAS DE AHORRO PROPUESTAS

| MEDIDA | UBICACIÓN |
|--------------------------------------|-----------|
| Medidas Administrativas | 1 |
| Sustitución de Luminarias | 2 |
| Sustitución de Artefactos Eléctricos | 3 |

Tabla 2.26 Priorización de las medidas de ahorro de energía propuestas

En la tabla 2.27 y gráfico 2.19 se muestra los ahorros de energía y económicos que se obtendrían al aplicarse todas las medidas de ahorro propuestas.

| CONSUMO Y AHORRO DE ENERGIA AL APLICAR MEDIDAS DE AHORRO | | | | |
|--|-----------|---------|---------|------------|
| | PROPUESTO | ACTUAL | AHORRO | AHORRO [%] |
| kWh-día | 8.34 | 17.61 | 9.27 | 52.65 |
| kWh-mes | 250.14 | 528.30 | 278.16 | 52.65 |
| kWh-año | 3001.64 | 6339.56 | 3337.92 | 52.65 |
| Total USD-día | 0.74 | 1.57 | 0.83 | 52.65 |
| Total USD-mes | 22.26 | 47.02 | 24.76 | 52.65 |
| Total USD-anual | 267.15 | 564.22 | 297.07 | 52.65 |

Tabla 2.27 Consumo y ahorro de energía al aplicarse todas las medidas de ahorro propuestas Priorización de las medidas de ahorro de energía propuestas.

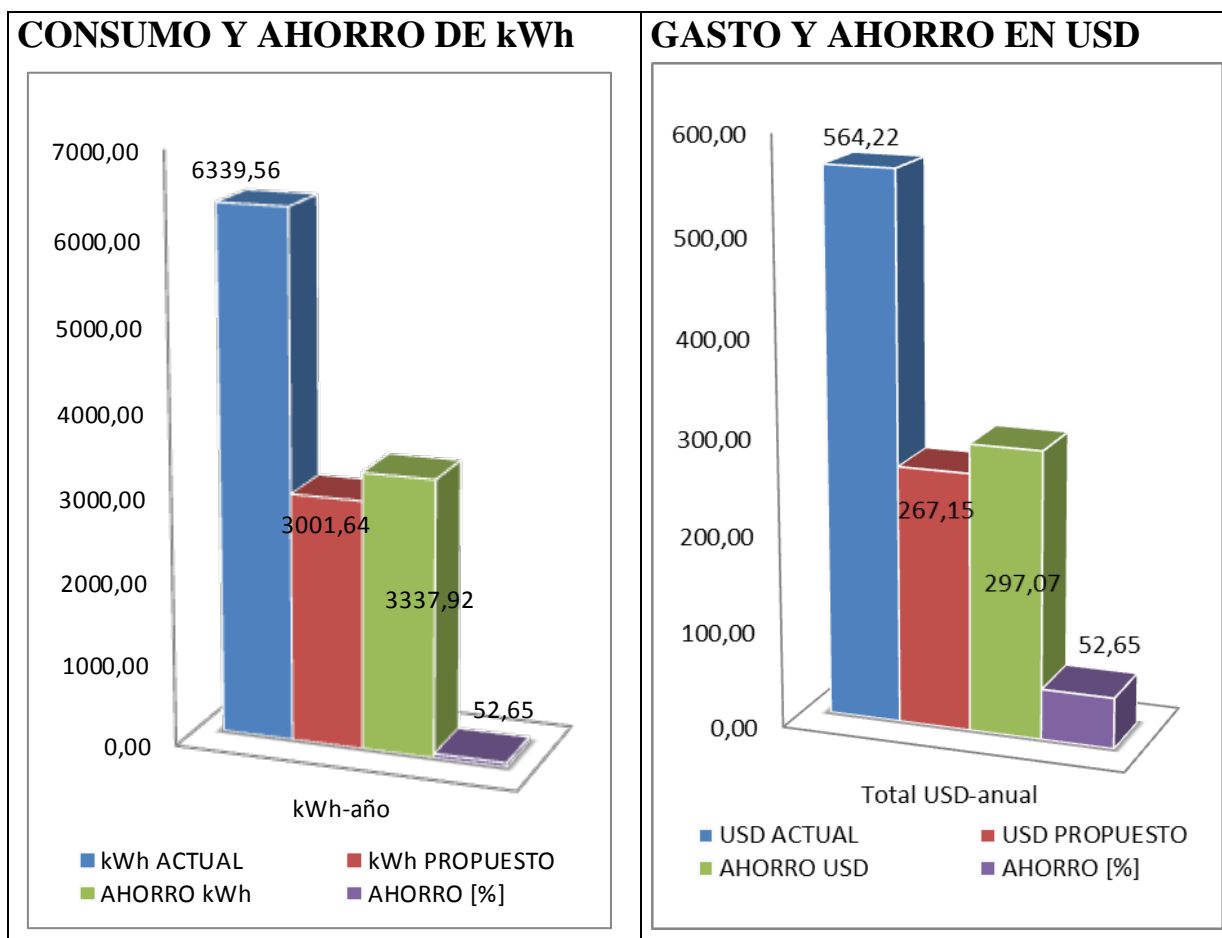


Gráfico 2.19 Consumo y ahorro de energía y económico que anualmente se obtendrían al aplicarse todas las medidas de ahorro propuestas.

2.2.9 ADOPCION DE LAS MEDIDAS DE AHORRO

Se enviará un informe al dueño de la residencia para que se analice los resultados en conjunto con los suyos, y se pone a consideración de los mismos la guía y ayuda si se decide implementar las recomendaciones propuestas.

CAPITULO 3.

NUEVO DISEÑO

3.1 ANTECEDENTES

En el capítulo 2 de este proyecto se pudo observar que una de las prioridades propuestas para el ahorro de energía en el Edificio de la Facultad de Ingeniería Eléctrica es la sustitución de luminarias, dicha medida es presentada de forma general en este capítulo, tomando en cuenta que el objetivo principal de la propuesta, es conseguir el nivel de iluminación adecuado en todos los lugares de trabajo con el menor consumo de energía.

La propuesta consiste en remplazar el sistema de iluminación existente; que en la mayoría de los casos es ineficiente, por un sistema eficiente; el mismo que debe mejorar o al menos mantener un nivel de confort adecuado para el usuario.

Finalmente y como parte del presente capítulo, el proyecto semilla ha emprendido un programa piloto enfocado a fomentar una política de eficiencia energética en la institución desde el punto de vista del sistema de iluminación, considerando que este último, es uno de los puntos vulnerables en el consumo de energía en la institución y en general en los edificios.

Con este programa piloto se quiere confirmar que es posible obtener un ahorro de energía, si se aplica la medida sugerida en esta sección del estudio.

3.2 PROYECTO PILOTO DE ILUMINACION EFICIENTE – PROYECTO SEMILLA

3.2.1 DESCRIPCION DEL PROYECTO

El proyecto piloto ha sido puesto en marcha desde el mes de Agosto del 2010 en el Edificio Química - Eléctrica y ha consistido en seleccionar tres aulas de características similares en los aspectos de iluminación; es decir que tengan en lo posible un número similar de luminarias, que sus horas de trabajo en el día y en la

semana sean parecidos, que su diseño arquitectónico tengan relación, es decir que tengan un número similar de entradas de luz natural al igual que sus áreas de trabajo.

Posteriormente se ha instalado tres registradores de energía electromecánicos para cada aula en estudio, los mismos que sirven para llevar un histórico de la energía consumida hasta la fecha.

Con la colaboración de *Green Concept*, se procedió con la sustitución de las luminarias ineficientes por unas eficientes y modernas en dos de los pisos a evaluarse y en el piso restante se ha dado un mantenimiento a las luminarias existentes. Cabe agradecer en este punto la colaboración de dicha empresa que ha puesto sus recursos en tiempo y personal para emprender este programa y por su puesto al personal de mantenimiento del edificio, que de una u otra manera velan por el cuidado de los equipos instalados en las aulas del proyecto.

En el aula QE-304, se ha instalado las luminarias de la familia COOPER LIGHTING – METALUX, de la familia ACCORD™, T5/T8 serie; específicamente:

2AC-254T5HO-UNV-EB81.ies., de características técnicas:

| | |
|--|---|
| <u>Anchura:</u> | 2 = 2" (pulgadas) |
| <u>Serie:</u> | AC = ACCORD™ SERIE |
| <u>Número de lámparas:</u> | 2 = 2 lámparas |
| <u>Vatios:</u> | 54T5HO = 54W T5HO |
| <u>Voltaje:</u> | UNV = Voltaje Universal 120 – 277V |
| <u>Tipo y cantidad de balastos:</u> | EB81 = 1XBalasto Electrónico arranque instantáneo, Distorsión total de armónicos <10% comparado con los balastos estándar, con un factor de balasto igual al 1.0. (Compatible para lámparas T8/T5). |

Dicha luminaria suministra las siguientes ventajas:

- Mejoramiento de la percepción visual, distribuyendo de manera uniforme el flujo luminoso haciendo el espacio más placentero a la vista, confortable y acogedor.

- El efecto caverna asociado con las lámparas de tipo parabólicas es eliminado.
- Desde el punto de vista estético presenta un diseño atractivo contemporáneo, delicado con finas superficies curvadas.
- Alta reflectancia con un acabado blanco mate combinando con en el techo.
- Las luminarias utilizadas para el caso de estudio tiene un factor de eficiencia no menor del 70% según la hoja técnica del fabricante.

Para el cálculo del número de luminarias en esta aula se ha utilizado el software de Cooper Lighting. Para más información se puede observar el anexo D.

En el aula QE-404, se han sustituido las lámparas y balastos existentes por lámparas eficientes del tipo T8, 2x32W para cada luminaria con su respectivo balasto, de iguales características del aula QE-304.

Para el aula QE-504 se ha mantenido el tipo de luminaria instalada, sustituyendo todas las lámparas quemadas por unas en buen estado y del mismo tipo de las existentes, al mismo tiempo se ha dado una limpieza de todas la luminarias especialmente a las lámparas para evitar pérdidas del flujo luminoso a causa del polvo, conservando las características técnicas de las lámparas y balastos existentes.

La tabla 3.1 resume los parámetros eléctricos más importantes, referidos al sistema de iluminación instalado para las aulas en estudio:

| ESPECIFICACIONES | AULA QE-304 | AULA QE-404 | AULA QE-504 |
|--|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| TIPO LAMPARA | T5 2x54W EFICIENTE | T8 2x32W EFICIENTE | T12 2x40W INEFICIENTE |
| TIPO BALASTO | Electrónico | Electrónico | Electromagnético |
| WATIOS INSTALADOS [W] | 660 | 704 | 880 |
| NUMERO LUMINARIAS | 6 | 11 | 11 |
| DENSIDAD POTENCIA ILUMINACION [W/m²] | 8,57 | 9,14 | 11,43 |
| NIVEL DE ILUMINACION [LUX] | 305 | 320 | 310 |
| AREA [m²] | 77 | 77 | 77 |
| HORAS USO SEMANA | 52 | 41 | 44 |

Tabla 3.1 Características técnicas de las aulas a evaluarse

3.2.2 ANALISIS DE RESULTADOS

Considerando las características técnicas y las horas de uso de los sistemas de iluminación instalados para cada aula de estudio y con ayuda de los medidores de energía instalados se presenta los resultados obtenidos en la tabla 3.2, la cual muestra los valores de energía registrados para cada aula de estudio; estos valores han sido representados en el gráfico 3.1 mediante una curva de consumo de energía para cada aula evaluada, donde se refleja que el mayor consumo de energía a la fecha indicada (4 Septiembre 2012) corresponde al AULA QE – 504 y el menor consumo de energía se le atribuye al AULA QE – 304.

| MEDICIONES ENERGIA REALIZADAS | | | |
|--------------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| AULAS | AULA QE-304 | AULA QE-404 | AULA QE -504 |
| ENERGIA | kWh | kWh | kWh |
| 08/09/2010 | 13 | 8 | 43 |
| 15/09/2010 | 26 | 26 | 79 |
| 20/09/2010 | 34 | 45 | 103 |
| 27/09/2010 | 47 | 69 | 137 |
| 05/10/2010 | 61 | 91 | 174 |
| 13/10/2010 | 78 | 129 | 208 |
| 21/10/2010 | 96 | 166 | 264 |
| 29/10/2010 | 112 | 183 | 310 |
| 04/11/2010 | 114 | 186 | 314 |
| 08/11/2010 | 117 | 190 | 320 |
| 16/11/2010 | 132 | 212 | 352 |
| 25/11/2010 | 148 | 246 | 390 |
| 30/11/2010 | 154 | 260 | 406 |
| 08/11/2011 | 652 | 1149 | 1619 |
| 15/11/2011 | 672 | 1175 | 1661 |
| 16/01/2012 | 759 | 1324 | 1833 |
| 27/07/2012 | 1028 | 1845 | 2500 |
| 04/09/2012 | 1074 | 1967 | 2638 |

Tabla 3.2 Resumen de las lecturas de energía para cada aula de estudio

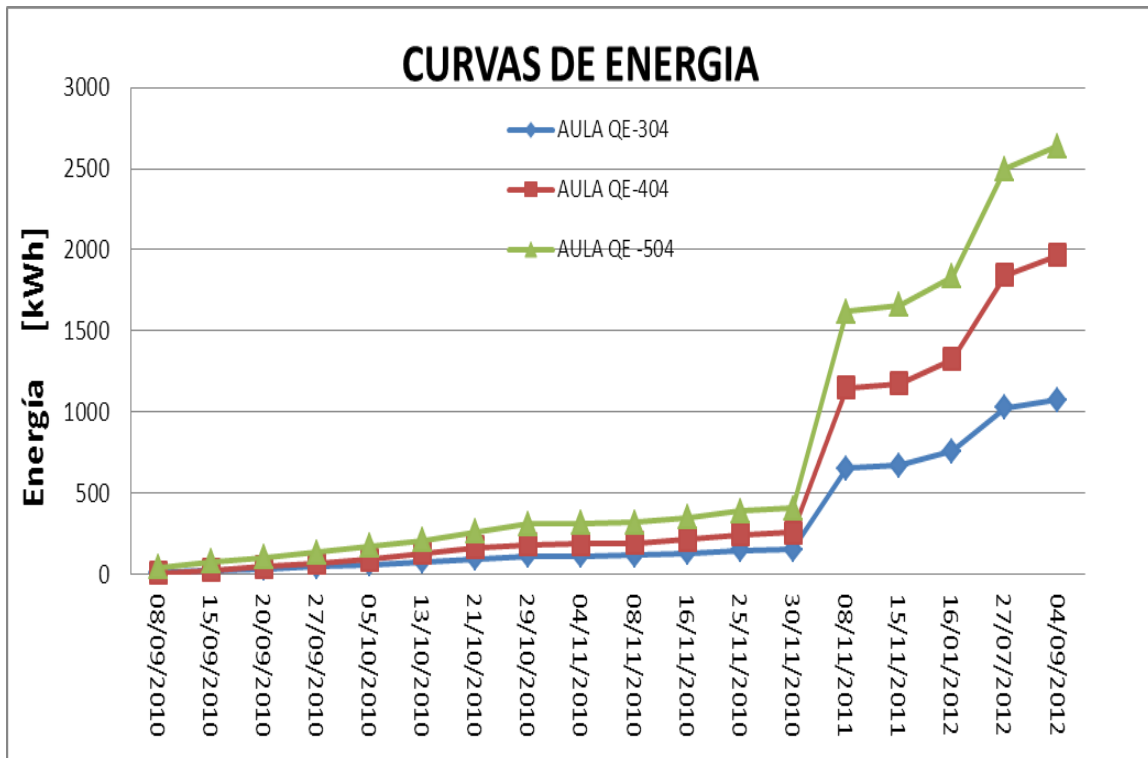


Grafico 3.1 Curva de consumo de energía para cada aula de estudio.

La tabla 3.3 muestra un resumen de los ahorros obtenidos tanto en energía como en dólares entre las aulas de estudio, tomando como punto de referencia la condición actual de las aulas del edificio, la cual corresponde al AULA QE – 504.

| ANALISIS DE RENTABILIDAD - AHORRO DE ENERGIA | | | | |
|--|----------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| SISTEMA DE ILUMINACION | UNIDADES | AULA QE-404 | AULA QE-304 | AULA QE-504 |
| Lámpara | tipo | T8 2x32W EFICIENTE | T5 2x54W EFICIENTE | T12 2x40W INEFICIENTE |
| Balasto | tipo | Electrónico | Electrónico | Electromagnético |
| Cantidad de luminarias | u | 11 | 6 | 11 |
| Potencia instalada por luminaria | W | 64 | 110 | 80 |
| Vida útil de la lámpara | h | 24000 | 24000 | 20000 |
| Precio de la lámpara+ balasto | \$ | 36.52 | 196.28 | 20 |
| Inversión inicial por el set (lámparas + balastos) | \$ | 401.72 | 1177.68 | 220 |
| Operación aproximada del sistema a la fecha de estudio (asumida sobre horas uso/día) | h | 3280 | 4160 | 3520 |
| GASTO A LA FECHA DE ESTUDIO POR CONSUMO DE ENERGIA | | | | |
| Potencia instalada del sistema de iluminación | W | 704 | 660 | 880 |
| Consumo a la fecha de estudio del sistema | kWh | 1967.00 | 1074.00 | 2638 |
| Costo del kWh (según la tarifa aplicada G7) | \$ | 0.052 | 0.052 | 0.052 |
| Gasto a la fecha en electricidad | \$ | 102.28 | 55.85 | 137.18 |
| AHORROS A LA FECHA DE ESTUDIO POR CONSUMO DE ENERGIA | | | | |
| Ahorro de potencia instalada (AULA QE - 404 y 304) | kW | | 44 | - |
| Ahorro de potencia instalada (AULA QE - 504 y 404) | kW | 176 | - | - |
| Ahorro de potencia instalada (AULA QE - 504 y 304) | kW | - | 220 | - |
| Ahorro a la fecha de kWh (AULA QE - 404 y 304) | kWh | - | 893 | - |
| Ahorro a la fecha de kWh (AULA QE - 504 y 404) | kWh | 671 | - | - |
| Ahorro a la fecha de kWh (AULA QE - 504 y 304) | kWh | - | 1564 | - |
| Ahorro a la fecha de kWh (AULA QE - 404 y 304) | % | - | 45% | - |
| Ahorro a la fecha de kWh (AULA QE - 504 y 404) | % | 25% | - | - |
| Ahorro a la fecha de kWh (AULA QE - 504 y 304) | % | - | 59% | - |

| | | | | |
|--|------|---------------|---------------|-----------|
| Ahorro a la fecha por consumo de electricidad (AULA QE - 404 y 304) | \$ | - | 46.44 | - |
| Ahorro a la fecha por consumo de electricidad (AULA QE - 504 y 404) | \$ | 34.89 | - | - |
| Ahorro a la fecha por consumo de electricidad (AULA QE - 504 y 304) | \$ | - | 81.33 | - |
| Reducción en la Emisión de CO² (AULA QE - 404 y 304) | | | | |
| Reducción en la Emisión de CO ² (AULA QE - 404 y 304) | kg | - | 383.99 | - |
| Reducción en la Emisión de CO ² (AULA QE - 504 y 404) | kg | 288.53 | - | - |
| Reducción en la Emisión de CO ² (AULA QE - 504 y 304) | kg | - | 672.52 | - |
| ANALISIS Y COMPARACION DE LA INVERSION ENTRE AULAS DE ESTUDIO | | | | |
| | | 404 y 304 | 504 y 404 | 504 y 304 |
| Inversión inicial | \$ | 1177.68 | 401.72 | 220 |
| Ahorro a la fecha por consumo de electricidad | \$ | 46.44 | 34.89 | 81.33 |
| Pago de la inversión (tiempo de igualación) | años | 20.64 | 5.21 | 13.01 |
| Retorno de la inversión | % | 4% | 9% | 37% |

Tabla 3.3 Análisis de rentabilidad y ahorro de energía

3.2.3 PLANTEAMIENTO DE UN REDISEÑO AL SISTEMA DE ILUMINACION DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA (FIE)

3.2.3.1 Generalidades

“El nuevo diseño en el sistema de iluminación debe estar íntimamente ligado con el área que va a ser iluminada, se deberá tener presente la forma y tamaño de los espacios, los colores y las reflectancias de las superficies del salón, la actividad a ser desarrollada, la disponibilidad de la iluminación natural y también los requerimientos estéticos requeridos por el usuario”. [3]

Se plantea sustituir y reducir el número de luminarias existentes, evitando en lo posible modificaciones en las conexiones eléctricas actuales, que de alguna manera puedan afectar la continuidad del servicio de iluminación, el funcionamiento satisfactorio del sistema, la confiabilidad y la seguridad del mismo.

Arquitectónicamente el edificio en cuestión está compuesto por cuatro plantas y su área está distribuida de la siguiente manera: la Planta del Subsuelo está ocupada por laboratorios y aulas; la Planta Baja y el Primer Piso están ocupadas por oficinas administrativas de la facultad en cuestión, aulas y laboratorios; el Segundo Piso está ocupado por laboratorios, aulas, oficinas de profesores y una aula magna.

Los planos arquitectónicos de la distribución de áreas de los respectivos locales están en el anexo E.

3.2.3.2 Criterios de diseño

3.2.3.2.1 Nivel de iluminación

Considerando que el valor medio de iluminación será el objetivo de diseño y por lo tanto será la referencia para la medición de este parámetro; en la tabla 3.4 se muestra los valores de iluminación de las aulas, laboratorios y oficinas; donde se

observa que el valor medido en los sectores de estudio, están dentro del nivel mínimo recomendado por la norma. Además en la misma tabla se ha incluido el nivel de iluminación sugerido por el software utilizado para el rediseño del sistema, se puede observar que dichos valores están dentro del nivel medio – máximo “recomendado por la norma – CODIGO ELECTRICO NACIONAL”.^[6]

| NIVEL DE ILUMINACION [LUXES] | | |
|---|---------------|------------------|
| LOCAL | ACTUAL | PROPUESTO |
| SUBSUELO | | |
| Laboratorio de SEP | 320 | 516 |
| Laboratorio de Máquinas Eléctricas | 364 | 381 |
| Laboratorio de Alto Voltaje | 330 | 398 |
| Asociación de Ingeniería Electrónica | 247 | 326 |
| Copiadora Juanito | 257 | 397 |
| E005 aula de clases | 250 | 296 |
| E004 aula de clases | 270 | 340 |
| E002 Auditorio | 327 | 378 |
| E001 aula de clases | 255 | 397 |
| Cámara de Transformación | nm | 164 |
| E003 IEEE | 154 | 469 |
| Baño hombres | 88 | 153 |
| Baño mujeres | 93 | 152 |
| Pasillo y gradas | 86 | 133 |
| PLANTA BAJA | | |
| E-101 Aula de clases | 315 | 337 |
| E-102 Decanato | 303 | 447 |
| E-103 Dpto. Electrónica Telecomunicaciones y Redes de Información | 290 | 348 |
| E-104 Dpto. Automatización y Control | 280 | 348 |
| E-105 Secretaria de Postgrados | 290 | 430 |
| E-106 Oficinas profesores | 311 | 423 |
| E-107 Oficinas profesores | 310 | 423 |
| E-108 Oficinas profesores | 302 | 378 |
| E-109 Lab. Control de Máquinas | 330 | 329 |
| E-110 Lab. Electrónica Potencia | 318 | 411 |
| E-111 Lab. Control Industrial | 320 | 333 |
| E-112 Lab. Protecciones Eléctricas | 305 | 383 |

| | | |
|--|-----|----------|
| Oficina CIERTE | nm | 364 |
| Baño hombres | 92 | 153 |
| Baño mujeres | 80 | 152 |
| Pasillo y gradas | 98 | 159 |
| Hall | 110 | 159 |
| PRIMERA PLANTA | | |
| E-201 Subdecanato | 290 | 382 |
| E-202 Lab. Circuitos eléctricos | 305 | 408 |
| E-203 Oficinas profesores | 287 | 337 |
| E-204 E-205 Centro de Coordinación Académica | 290 | 492 |
| E-206 Aula de clases | 308 | 436 |
| E-207 Lab. Electrónica General | 310 | 381 |
| E-208 Oficinas de profesores | 300 | 399 |
| E-209 Lab. Alta Frecuencia | 315 | 484 |
| E-210 Dpto. Energía Eléctrica | 297 | 322 |
| Pasillo y gradas | 115 | 157 |
| SEGUNDA PLANTA | | |
| E-301 Aula Magna | 340 | 457 |
| E-302 Baños | 80 | 153 |
| E-303 Lab. Sistemas de Control | 310 | Mantener |
| E-304 Lab. Conectividad y Redes | 310 | Mantener |
| E-305 Oficinas de Profesores | 318 | Mantener |
| E-306 Lab. Sistemas Digitales | 325 | Mantener |
| E-307 Lab. Redes I | 315 | Mantener |
| E-308 Lab. Redes II | 318 | Mantener |
| E-309 Lab. Comunicación Digital | 320 | Mantener |
| Cuarto de telecomunicaciones | nm | nm |
| Pasillo y gradas | 90 | Mantener |
| nm= no medido | | |

Tabla 3.4 Medición del nivel de iluminación actual y propuesta en el edificio.

3.2.3.2.2 Método de cálculo de iluminación

Para el cálculo del número de luminarias a utilizar y los sitios de ubicación recomendado, se ha utilizado el software de Cooper Lighting por presentar ciertas ventajas tales como:

- Una interfaz de trabajo amigable con el usuario.
- Solicitud de ingreso de pocas variables para el cálculo.
- Opción para escoger la ubicación o rotación de las luminarias.
- Muestra un resumen de los parámetros importantes al finalizar el cálculo.
- Un ahorro de tiempo, ya que no se requiere hacer cálculos previos para encontrar los valores de algunos parámetros para el cálculo.
- El método de cálculo está basado según el IESNA (Illuminating Engineering Society of North America)

A manera de ejemplo en la figura 3.1 se puede observar el resultado obtenido para uno de los locales a rediseñar.

En el anexo F se indica los resultados obtenidos para el edificio en estudio.

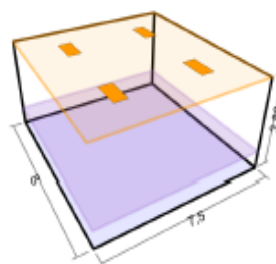


Title : EPN EDIFICIO ANTIGUO FACULTAD ELECTRICA **Date :** 11 Oct 2010
Description : PLANTA SUBSUELO:
 E005 Aula de Clases **For :** PROYECTO SEMILLA
By : Juan Pablo Reinoso Camino

IES Filename : 2AC-254T5HO-UNV-EB81.ies
Description : 2AC-254T5HO-UNV-EB81
 2X4 AC 2 LIGHT 54W T5HO WITH COATED LAMP
 COVERS
 TWO - F54T5HO - 4450 LUMENS - 54 WATTS

Luminaire Number of Lamps : 2
 Lamp Lumens : 4450
 Luminaire Wattage : 110 W
 Light Loss Factor (LLF) : 0,96

Geometry Length (X) : 8 m
 Width (Y) : 8 m
 Height (Z) : 4 m
 Workplane Height : 0,75 m
 Suspension Length : 0 m
 Room Cavity Ratio : 3,965



Reflectance Ceiling : 80 %
 Walls : 50 %
 Floor : 20 %
 Eff. Cavity Refl. -- Ceiling : 80,0 %
 Eff. Cavity Refl. -- Floor : 19,2 %
 CU : 0,519

Results Average Illuminance : 296 lux
 Number of Luminaires : 4
 Lighting Power Density (LPD) : 7,33 W/m^2

Layout

| | Rows (Width) | Columns (Length) | Luminaires : |
|----------------------|-----------------|---------------------|--------------|
| Grid Layout (size) : | 2 X | 2 | |
| Grid Spacing : | 4,00 X | 3,75 m | |
| Wall Spacing : | 2,00 X | 1,88 m | |
| Spacing Criteria : | 1,35 X | 1,26 | |

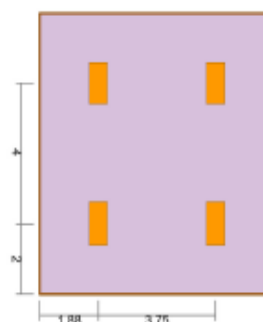


Figura 3.1 Cálculo obtenido del número de luminarias para el aula a evaluarse.

3.2.3.2.3 Resultados del cálculo de iluminación del nuevo sistema

La tabla 3.5 muestra los ahorros obtenidos tanto en cantidad de luminarias para cada piso como en potencia instalada.

| PLANTA SUBSUELO | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------|-----------------------|-----------|----------------------|--------------|-------------|---------------|
| LOCAL | CANTIDAD DE LUMINARIAS | | | | POTENCIA [W] | | AHORRO [W] |
| | ACTUAL | | PROPUESTA | | ACTUAL | PROPUESTA | |
| | Nº | MODELO | Nº | MODELO | | | |
| Laboratorio de SEP | 16 | Industrial 2*75W T12 | 9 | 2AC-2*54W T5 | 2400 | 1062 | 1338 |
| Laboratorio de Máquinas Eléctricas | 23 | Industrial 2*75W T12 | 17 | 2AC-2*54W T5 | 3450 | 2006 | 1444 |
| Laboratorio de Alto Voltaje | 14 | Industrial 2*75W T12 | 11 | 2AC-2*54W T5 | 2100 | 1298 | 802 |
| Asociación de Ingeniería Electrónica | 6 | Industrial 2*75W T12 | 4 | 2AC-2*54W T5 | 900 | 472 | 428 |
| Copiadora | 4 | Industrial 2*75W T12 | 4 | 2AC-2*54W T5 | 600 | 472 | 128 |
| E005 aula de clases | 4 | Industrial 2*75W T12 | 4 | 2AC-2*54W T5 | 600 | 472 | 128 |
| E004 aula de clases | 9 | Industrial 2*75W T12 | 6 | 2AC-2*54W T5 | 1350 | 708 | 642 |
| E002 Auditorio | 9 | Industrial 2*75W T12 | 6 | 2AC-2*54W T5 | 1350 | 708 | 642 |
| E001 aula de clases | 2 | Industrial 2*75W T12 | 4 | 2AC-2*54W T5 | 300 | 472 | 148 |
| | 4 | Industrial 2*40W T12 | | | 320 | | |
| Cámara de Transformación | 1 | Industrial 2*40W T12 | 1 | Industrial 2*40W T12 | 80 | 80 | 0 |
| E003 IEEE | 2 | Industrial 2*40W T12 | 2 | 2AC-2*54W T5 | 300 | 236 | 64 |
| Baño hombres | 2 | Electrónica 2*40W T12 | 4 | Redonda 22W | 160 | 88 | 72 |
| Baño mujeres | 2 | Electrónica 2*40W T12 | 4 | Redonda 22W | 160 | 88 | 72 |
| Pasillo y gradas | 7 | Industrial 2*40W T12 | 4 | 2AC-2*54W T5 | 560 | 440 | 120 |
| TOTAL | 105 | | 80 | | 14630 | 8602 | 6028 |

PLANTA BAJA

| | | | | | | | |
|---|------------|------------------------------|-----------|-----------------|--------------|-------------|-------------|
| E-101 Aula de clases | 9 | Industrial 2*75W T12 | 8 | 2AC-2*54W T5 | 1350 | 880 | 470 |
| E-102 Decanato | 15 | Industrial 2*75W T12 | 12 | 2AC-2*54W T5 | 2250 | 1320 | 930 |
| | 1 | Incandescente Ineficiente | 1 | Ahorrador 15W | 100 | 15 | 85 |
| E-103 Dpto. Electrónica Telecomunicaciones y Redes de Información | 4 | Industrial 2*75W T12 | 3 | 2AC-2*54W T5 | 600 | 330 | 270 |
| E-104 Dpto. Automatización y Control | 4 | Industrial 2*75W T12 | 3 | 2AC-2*54W T5 | 600 | 330 | 270 |
| E-105 Secretaria de Postgrados | 3 | Industrial 2*75W T12 | 3 | 2AC-2*54W T5 | 450 | 330 | 120 |
| E-106 Oficinas profesores | 3 | Industrial 2*75W T12 | 3 | 2AC-2*54W T5 | 450 | 330 | 120 |
| E-107 Oficinas profesores | 2 | Industrial 2*75W T12 | 3 | 2AC-2*54W T5 | 300 | 330 | -30 |
| E-108 Oficinas profesores | 2 | Industrial 2*75W T12 | 2 | 2AC-2*54W T5 | 300 | 220 | 80 |
| E-109 Lab. Control de Máquinas | 6 | Industrial 2*75W T12 | 4 | 2AC-2*54W T5 | 900 | 440 | 460 |
| E-110 Lab. Electrónica Potencia | 7 | Industrial 2*75W T12 | 6 | 2AC-2*54W T5 | 1050 | 660 | 390 |
| E-111 Lab. Control Industrial | 12 | Industrial 2*75W T12 | 10 | 2AC-2*54W T5 | 1800 | 1100 | 700 |
| E-112 Lab. Protecciones Eléctricas | 5 | Industrial 2*75W T12 | 4 | 2AC-2*54W T5 | 750 | 440 | 310 |
| Oficina CIERTE | 2 | Industrial 2*75W T12 | 3 | 2AC-2*54W T5 | 300 | 330 | -30 |
| Baño hombres | 4 | Redonda 1*40W | 4 | Redonda 22W | 160 | 88 | 72 |
| Baño mujeres | 2 | Industrial 1*40W T12 | 4 | Redonda 22W | 80 | 88 | -8 |
| Pasillo y gradas | 6 | Industrial 2*75W T12 | 5 | 2AC-2*54W T5 | 900 | 550 | 350 |
| Hall | 10 | Ojo de buey 100W | 10 | Ojo de buey 23W | 1000 | 230 | 770 |
| | 4 | Reflectores 120W | 4 | Reflectores 75W | 480 | 300 | 180 |
| TOTAL | 101 | | 92 | | 13820 | 8311 | 5509 |
| PRIMERA PLANTA | | | | | | | |
| E-201 Subdecanato | 3 | Industrial 2*75W T12 | 3 | 2AC-2*54W T5 | 450 | 330 | 120 |
| E-202 Lab. Circuitos eléctricos | 18 | Industrial 2*75W T12 | 15 | 2AC-2*54W T5 | 2700 | 1650 | 1050 |
| E-203 Oficinas profesores | 6 | Industrial 2*75W T12 | 4 | 2AC-2*54W T5 | 900 | 440 | 460 |

| | | | | | | | |
|--|------------|----------------------|-----------|-----------------|--------------|--------------|-------------|
| E-204 E-205 Centro de Coordinación Académica | 7 | Industrial 2*75W T12 | 6 | 2AC-2*54W T5 | 1050 | 660 | 390 |
| E-206 aula de clases | 9 | Industrial 2*75W T12 | 6 | 2AC-2*54W T5 | 1350 | 660 | 690 |
| E-207 Lab. Electrónica General | 12 | Industrial 2*75W T12 | 10 | 2AC-2*54W T5 | 1800 | 1100 | 700 |
| E-208 Oficinas de profesores | 3 | Industrial 2*75W T12 | 3 | 2AC-2*54W T5 | 450 | 330 | 120 |
| E-209 Lab. Alta Frecuencia | 6 | Industrial 2*75W T12 | 6 | 2AC-2*54W T5 | 900 | 660 | 240 |
| E-210 Dpto. Energía Eléctrica | 5 | Industrial 2*75W T12 | 4 | 2AC-2*54W T5 | 750 | 440 | 310 |
| Pasillo y gradas | 9 | Industrial 2*75W T12 | 6 | 2AC-2*54W T5 | 1350 | 660 | 690 |
| TOTAL | 78 | | 63 | | 11700 | 6930 | 4770 |
| SEGUNDA PLANTA | | | | | | | |
| E-301 Aula Magna | 37 | Industrial 2*75W T12 | 20 | 2AC-2*54W T5 | 5550 | 2200 | 3350 |
| | 9 | Ojo de buey 100W | 9 | Ojo de buey 23W | 900 | 207 | 693 |
| E-302 Baños | 2 | Industrial 2*40W T12 | 2 | 1 redonda22WT5 | 160 | 44 | 116 |
| E-303 Lab. Sistemas de Control | 37 | Espejo 3*32W T8 | 0 | Se mantiene | 3552 | 3552 | 0 |
| E-304 Lab. Conectividad y Redes | 9 | Espejo 3*32W T8 | 0 | Se mantiene | 864 | 864 | 0 |
| E-305 Oficinas de Profesores | 12 | Espejo 3*32W T8 | 0 | Se mantiene | 1152 | 1152 | 0 |
| E-306 Lab. Sistemas Digitales | 11 | Espejo 3*32W T8 | 0 | Se mantiene | 1056 | 1056 | 0 |
| E-307 Lab. Redes I | 9 | Espejo 3*32W T8 | 0 | Se mantiene | 864 | 864 | 0 |
| E-308 Lab. Redes II | 9 | Espejo 3*32W T8 | 0 | Se mantiene | 864 | 864 | 0 |
| E-309 Lab. Comunicación Digital | 9 | Espejo 3*32W T8 | 0 | Se mantiene | 864 | 864 | 0 |
| Cuarto de telecomunicaciones | 1 | Industrial 2*40W T12 | 0 | Se mantiene | 80 | 80 | 0 |
| Pasillo y gradas | 2 | Industrial 2*40W T12 | 1 | 2AC-2*54W T5 | 160 | 110 | 50 |
| | 10 | Espejo 3*32W T8 | 0 | Se mantiene | 960 | 960 | 0 |
| TOTAL | 157 | | 32 | | 17026 | 12817 | 4209 |

Tabla 3.5 Potencia instalada actual y potencia instalada propuesta en el edificio de la FIE.

La tabla 3.6 que se presenta a continuación es un resumen de la tabla 3.5.

| PISO | CONDICIONES ACTUALES | | MEDIDA PROPUESTA | | AHORRO | |
|----------------|----------------------|--------------|---------------------|--------------|------------|--------------|
| | Cantidad Luminarias | [kW] | Cantidad Luminarias | [kW] | Luminarias | [kW] |
| Subsuelo | 105 | 14.63 | 80 | 8.60 | 25 | 6.02 |
| Planta baja | 101 | 13.82 | 92 | 8.31 | 9 | 5.50 |
| Primera planta | 78 | 11.70 | 63 | 6.93 | 15 | 4.77 |
| Segunda planta | 157 | 17.02 | 139 | 12.81 | 18 | 4.20 |
| TOTAL | 441 | 57.17 | 374 | 36.65 | 67 | 20.49 |

Tabla 3.6 Potencia Instalada aplicando el nuevo sistema de iluminación.

En la tabla 3.6 se puede observar que en cuanto a iluminación, la potencia actual instalada es de 57.17kW y la potencia propuesta con el nuevo sistema es de 36.65kW obteniéndose un ahorro de 20.49kW que corresponde a un 35.84% en potencia instalada.

Para expresar los ahorros de energía y el económico que representa el aplicar el nuevo sistema para el presente caso de estudio, se presenta un análisis de la energía que se consume actualmente vs la propuesta, entendiéndose que la segunda (la propuesta), se la obtuvo del levantamiento de carga y que además se analiza con la inclusión del nuevo sistema de iluminación, obteniéndose los siguientes resultados que se pueden observar en la tabla 3.7 y gráfico 3.2

| CONSUMO Y AHORRO DE ENERGIA AL APLICARSE LA SUSTITUCIÓN DE LUMINARIAS | | | | |
|---|-----------|-----------|----------|------------|
| | ACTUAL | PROPUESTO | AHORRO | AHORRO [%] |
| kWh-día | 564.04 | 462.02 | 102.03 | 18.09 |
| kWh-mes | 11280.87 | 9240.37 | 2040.51 | 18.09 |
| kWh-año | 112808.74 | 92403.67 | 20405.07 | 18.09 |
| Total USD-día | 28.71 | 23.42 | 5.29 | 18.43 |
| Total USD-mes | 574.28 | 468.44 | 105.84 | 18.43 |
| Total USD-anual | 5742.78 | 4684.43 | 1058.36 | 18.43 |

Tabla 3.7 Consumo y ahorro de energía económico al aplicarse el nuevo sistema de iluminación.

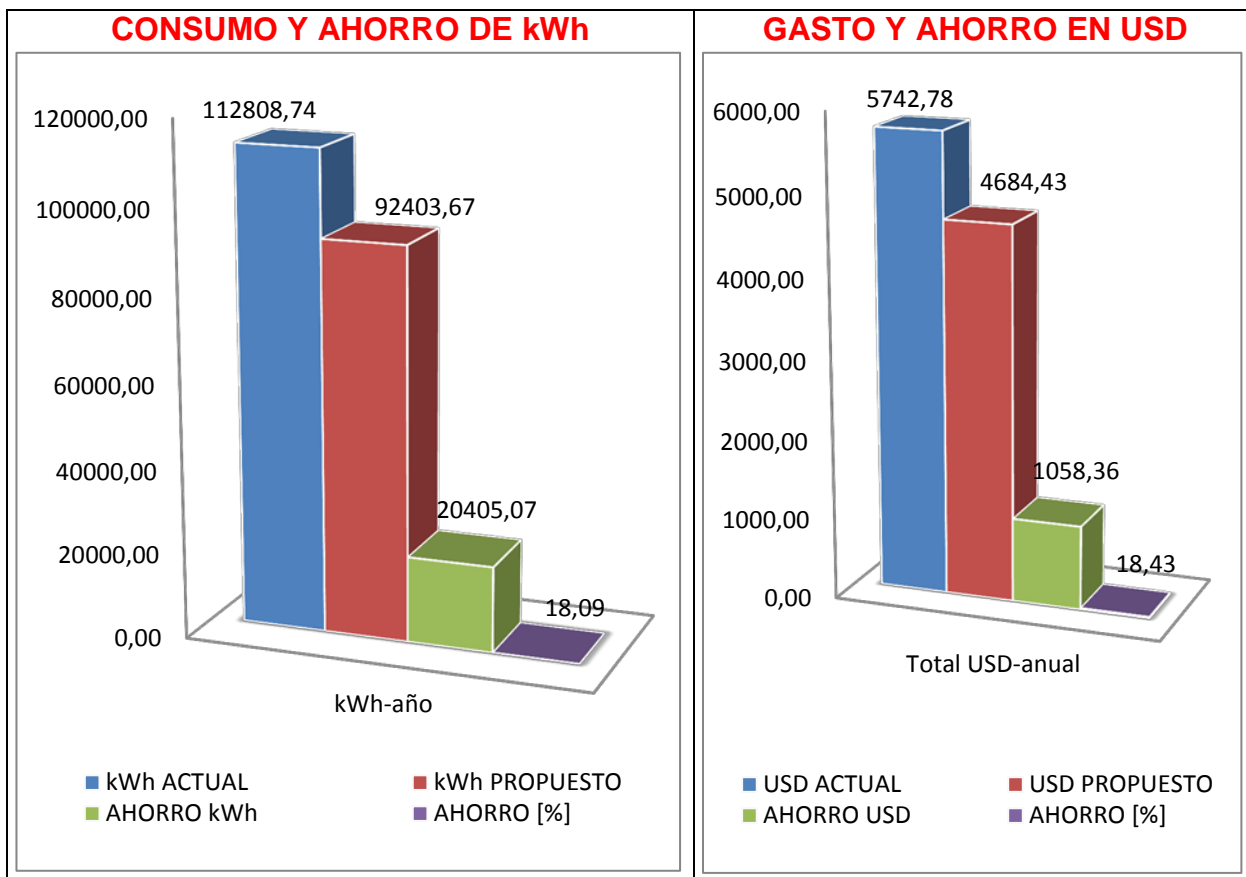


Gráfico 3.2 Consumo y ahorro de energía y económico que anualmente se obtendrían al aplicarse el nuevo sistema de iluminación.

Cabe indicar que las tablas 3.6 y 3.7 como también el gráfico 3.2 fueron presentados y utilizados en el capítulo II para el análisis de las medidas tecnológicas aplicadas, específicamente en la sustitución de luminarias.

En el rediseño de iluminación propuesto no se ha considerado los sistemas de control de iluminación, tales como sensores de presencia para desocupación u ocupación dado que la población que ocupa las distintas áreas de trabajo es fluctuante.

Se recomienda considerar que para la aplicación de políticas de eficiencia energética en la iluminación de oficinas, las luminarias y sus componentes que se propongan a usar deben al menos cumplir los estándares técnicos mínimos que dicta la norma que se esté aplicando.

CAPITULO 4.

APLICACION DE LA TARIFA HORARIA

4.1 INTRODUCCION

Tomando como base la información del Proyecto de Investigación Semilla “LA TARIFA HORARIA EN EL ECUADOR COMO INCENTIVO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA” se presenta en este capítulo, un análisis del impacto que tendría la APLICACION de un nuevo valor de tarifa eléctrica en las horas pico del sistema en los dos casos de estudio, del presente proyecto. A su vez se expone los resultados que se obtendrían, al conceder un incentivo económico en el valor de la tarifa propuesta, por la implementación de un plan de ahorro y uso eficiente de la energía.

Adicionalmente, se realiza un análisis del nivel de aceptación que tendría un sector de la población, si se llegaría a implementar este nuevo valor de tarifa eléctrica y cuán dispuesto está este grupo en cambiar sus costumbres en el uso de este recurso.

4.2 IMPACTO DE LA APLICACION DE LA TARIFA HORARIA

El objetivo de esta sección del proyecto es encontrar los posibles resultados que se obtendrían al aplicarse la tarifa horaria en los dos casos de estudio propuestos, realizando una comparación de los ahorros obtenidos tanto en energía como económicos entre los valores de tarifas la actual y la horaria propuesta.

Este análisis se lo separado para los respectivos casos de estudio en dos condiciones, de la siguiente forma:

- Condición actual y ahorros con la Tarifa Actual Vigente.
- Condición actual y ahorros con la Tarifa Horaria Propuesta.

4.2.1 PRIMER CASO DE ESTUDIO EDIFICIO ANTIGUO DE LA FIE - CONDICION ACTUAL Y AHORROS CON LA TARIFA ACTUAL VIGENTE

Con la información recabada en el capítulo 2 - Evaluación Energética, sobre las condiciones actuales de demanda instalada, y consumo de energía diaria del Edificio Antiguo de la Facultad de Ingeniería Eléctrica; se ha tomado como punto de partida las curvas de carga para las condiciones actual y de eficiencia energética respectivamente, incluyendo en esta última las medidas de ahorro de energía administrativas y tecnológicas, propuestas para dicho caso.

En el gráfico 4.1 se muestra las curvas de carga en cuestión.

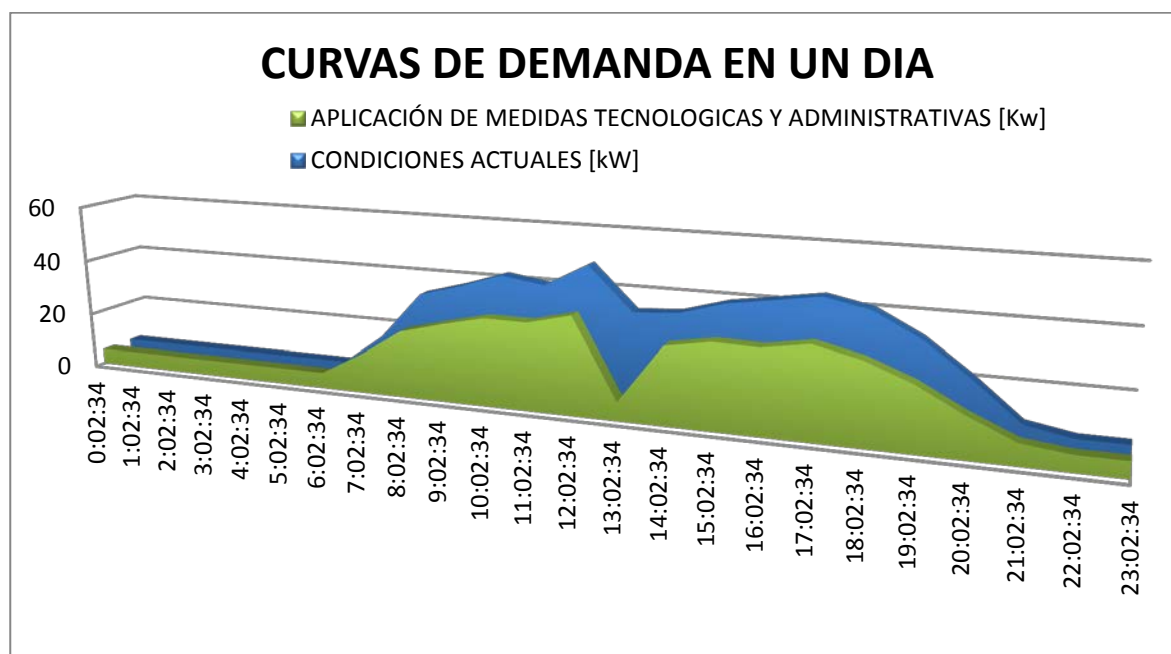


Gráfico 4.1 Curvas de carga en un día en el Edificio Antiguo Facultad Eléctrica.

En el gráfico 4.1 se pone en evidencia que la demanda pico del edificio está fuera de las horas pico del Sistema Nacional, además se puede observar, que en la hora del almuerzo se reduce drásticamente el consumo de energía debido a la APLICACION de las medidas administrativas de ahorro de energía planteadas.

El ahorro obtenido es la diferencia entre las áreas, es decir la sustracción del área azul con la verde.

Este valor obtenido de la diferencia entre áreas, refleja la modificación en las costumbres del uso del recurso eléctrico, que pueden ser discutidas desde varios puntos de vista, tales como:

- La reducción del pago mensual que se realiza a la E.E.Q.S.A por el consumo de energía.
- El descenso de la generación de energía en las centrales térmicas ineficientes.
- La disminución de emisiones de kilogramos de CO₂ al ambiente.
- Costos evitados para el país.
- Contribución de un mundo sustentable y sostenible para las futuras generaciones.

Las medidas tecnológicas y administrativas que se proponen para este estudio están analizadas y comparadas en base a las condiciones actuales del edificio en cuestión, a las cuales se les aplicó los valores actuales de tarifa que se paga por el consumo de energía y cargo por demanda, según el pliego tarifario vigente (ver anexo A). Los valores en horas pico y fuera de ellas se detallan en la tabla 4.1.

| | |
|------------------|-------|
| USD/kWh(07h-22h) | 0.052 |
| USD/kWh(22h-07h) | 0.042 |

US\$ 2.704 mensuales por cada KW de demanda facturable como mínimo de pago, sin derecho a consumo, multiplicado por un factor de corrección (FC)

Tabla 4.1 Valor en dólares del kWh y demanda para la tarifa de tipo G7

En base a la información del párrafo anterior se hace un análisis de estas medidas en diferentes escenarios tales como: el consumo de energía, valores a pagarse por este recurso, ahorros en dólares y en energía por la implementación de políticas de eficiencia energética. Dichos escenarios son analizados anualmente como se los puede observar en los gráficos 4.2 y 4.3 respectivamente.

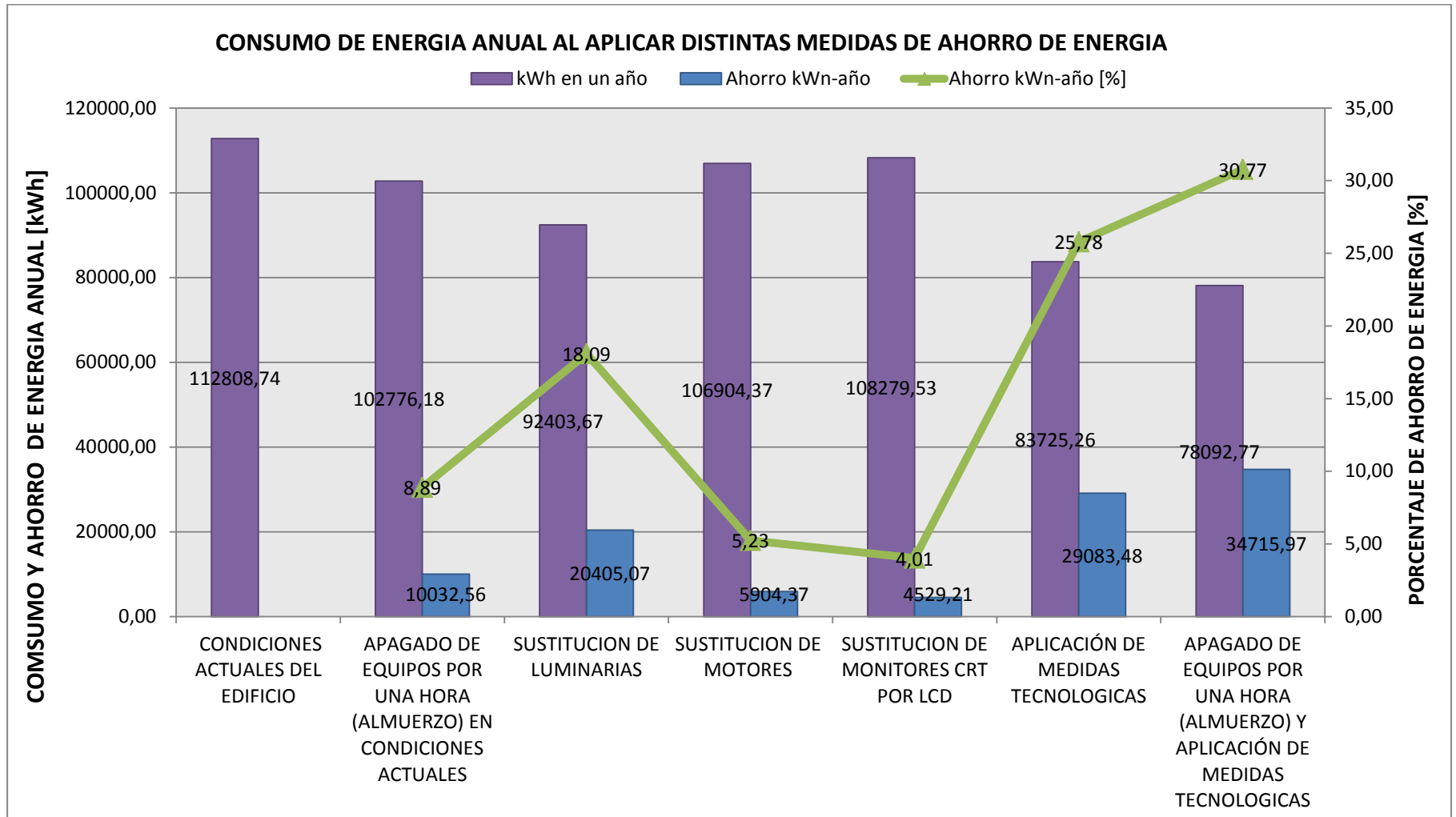


Gráfico 4.2 Consumo de energía y ahorro anuales al aplicarse las medidas de ahorro de energía.

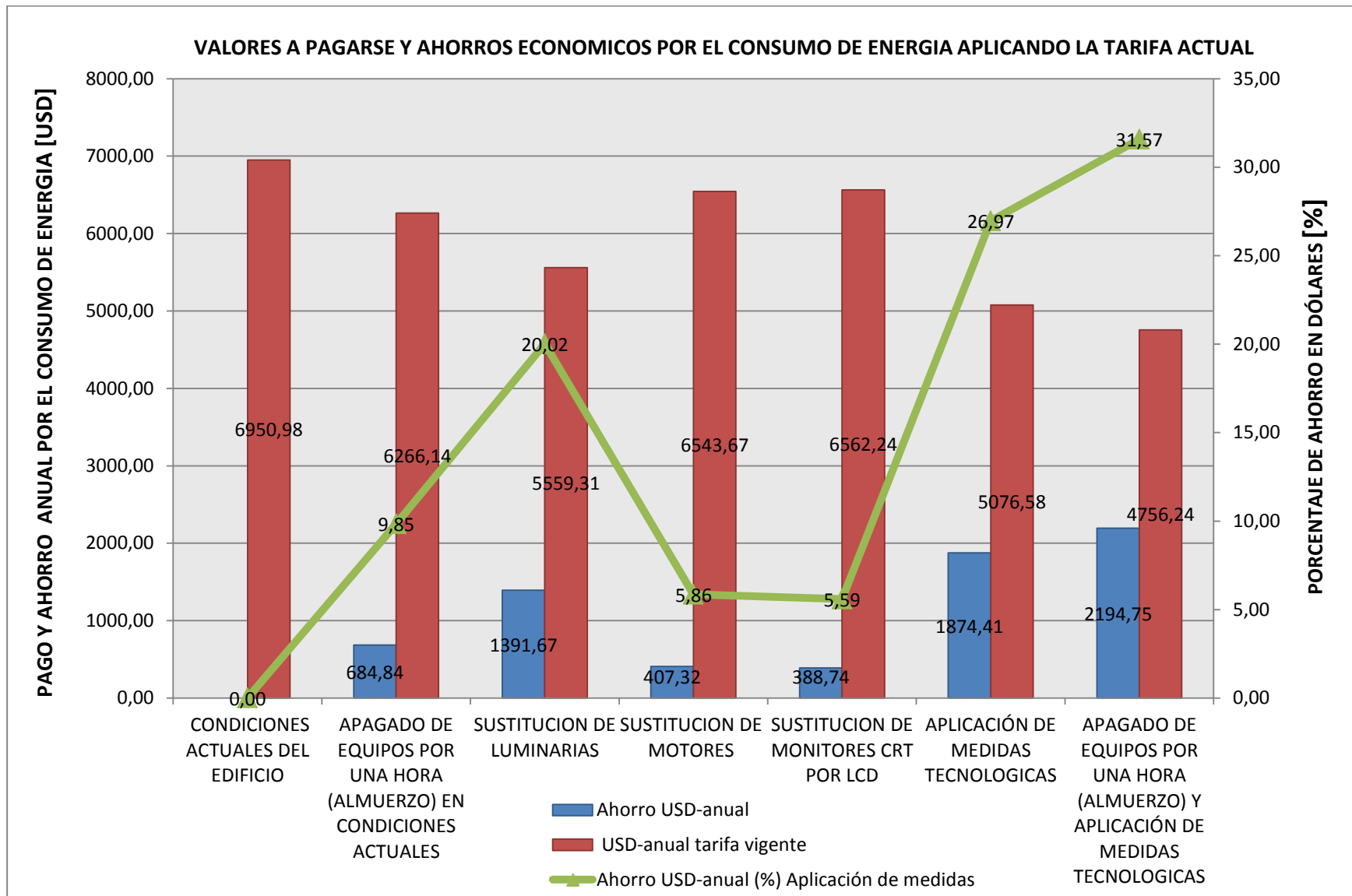


Gráfico 4.3 Ahorros económicos generados por la aplicación de medidas de ahorro evaluados con la tarifa actual

4.2.1.1 Condición actual y la tarifa horaria propuesta

Aplicando el mismo criterio anterior y utilizando la tarifa horaria propuesta, se evaluará el pago que se debe hacer por el consumo de la energía y los ahorros económicos que se generarían por la aplicación de un plan de eficiencia energética.

La tarifa horaria que se propone y que se usará para encontrar los posibles resultados si se implementa dicha tarifa; se obtuvo de la primera fase del Proyecto de Investigación Semilla “LA TARIFA HORARIA EN EL ECUADOR COMO INCENTIVO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA”.

El valor de dicha tarifa horaria corresponde a un día de demanda media y que cuyo costo real de energía es de: 0.177651 [USD] y que se aplicaría en el horario de 18H00 a 22H00, paralelamente el costo de la tarifa por demanda, será el doble de la establecida por el pliego tarifario vigente para este periodo de estudio.

La finalidad de aplicar este valor de tarifa a los dos casos de estudio, es motivar en estos dos usuarios una reducción de su consumo de energía y comenzar o mejorar la política de eficiencia energética.

4.2.1.1.1 Aplicación de la tarifa horaria propuesta

Similar al caso anterior, el gráfico 4.4 que se muestra a continuación, indica el ahorro económico y de energía que se obtendría en un año al aplicar las diferentes medidas de ahorro del recurso energético, pero recordando que para dicho análisis se aplicó la tarifa horaria propuesta en el literal anterior.

En el gráfico 4.5 se hace una comparación de los valores a pagarse por el consumo de energía entre las dos tarifas, observándose que en promedio la diferencia entre los valores de las tarifas está en un 29.54% para todas las condiciones de estudio, desde las actuales hasta la aplicación conjunta de las medidas de ahorro administrativas y tecnológicas.

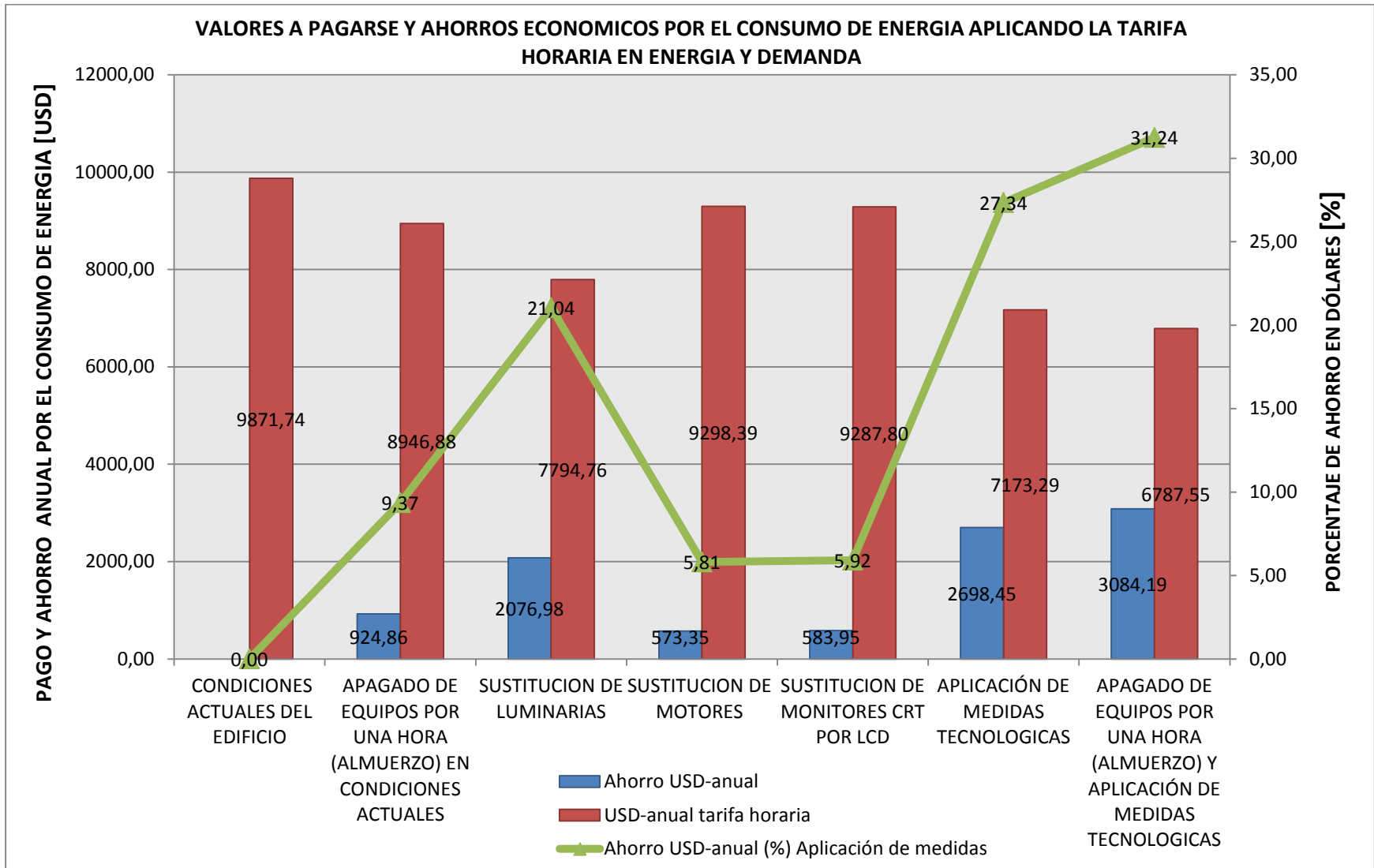


Gráfico 4.4 Valores a pagarse y ahorro económico por el consumo de energía aplicando tarifa horaria en energía y demanda.

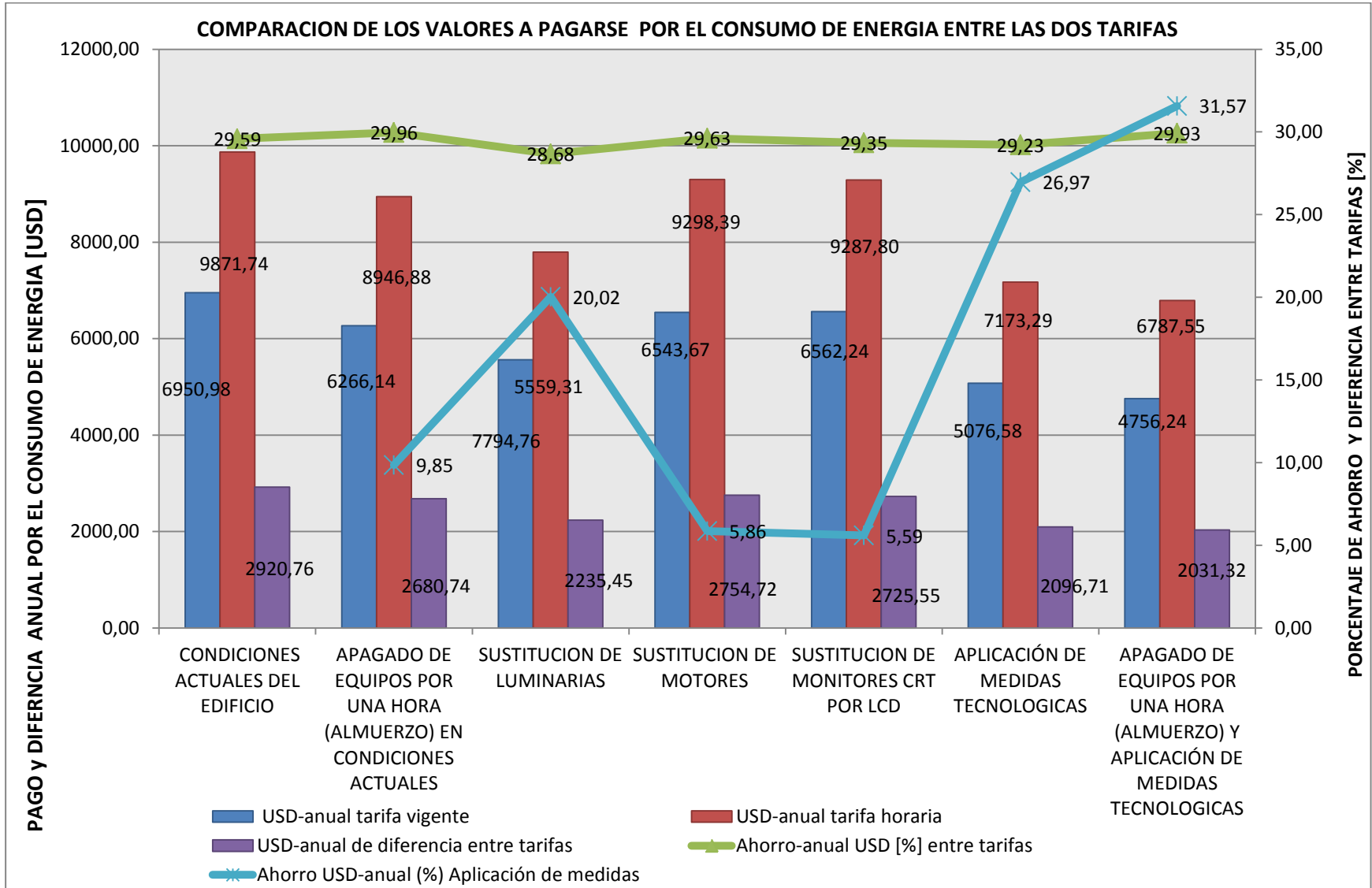


Gráfico 4.5 Comparación de resultados económicos entre tarifas

4.2.1.1.2 *Análisis y comparación de los resultados obtenidos*

- El consumo de energía en un año, manteniendo las condiciones actuales del edificio es aproximadamente de 112808.74 [kWh], que corresponde a 6950.98 [USD]. Cabe recordar que la tarifa aplicada por el pago del consumo de energía y por demanda corresponde a la tarifa vigente en el pliego tarifario de este periodo de estudio.
- Con la aplicación de la tarifa horaria propuesta y bajo las condiciones actuales del edificio, el consumo de energía sería los mismos 112808.74 [kWh] en un año, pero su correspondiente valor a pagarse sería de 9871.74 [USD] incluido en este valor el costo por demanda.
- La relación que existe entre el valor a pagarse anualmente por el consumo de energía con la tarifa vigente y la horaria propuesta, es aproximadamente de 1.5 veces, es decir que hay un incremento de un 30% en el valor.
- Con la aplicación de todas las medidas de ahorro de energía propuestas tanto administrativas como tecnológicas en el edificio en cuestión y a su vez manteniendo la tarifa actual para su respectivo cargo, el consumo de energía anual sería aproximadamente 78092.77 [kWh], que corresponde a un pago de 4756.24 [USD], obteniéndose un ahorro de 2194.75 [USD] anuales que es aproximadamente un 31.57%.
- Bajo las mismas condiciones de ahorro de energía y con la aplicación la tarifa horaria, el valor a pagarse en un año por el consumo de energía es de 6787.55 [USD] cuyo ahorro es de 3084.19 [USD] que es un 31.24% aproximadamente.
- Con estos resultados es de vital importancia comenzar con una seria política de eficiencia energética en la comunidad y motivar al usuario a usar la energía de una forma racional y eficiente.

4.2.2 INCENTIVO AL VALOR DE LA TARIFA HORARIA PROPUESTA

El aplicar criterios de eficiencia energética para disminuir el consumo de energía y el pago de dicho servicio, implica muchas veces poner en marcha inversiones económicas. El motivar al usuario a reducir su demanda y su consumo del recurso

eléctrico, mediante la implementación de medidas de ahorro administrativas y tecnológicas, implica discutir ideas sobre la aplicación de un incentivo económico al valor de la tarifa horaria propuesta; con la finalidad de corresponder al esfuerzo económico que hace el usuario por disminuir su demanda, pero además tentar al consumidor a renovar sus equipos ineficientes por eficientes y hacer un buen uso de la energía.

El renovar la tecnología implica inversión, pero dicha inversión es pagada y reflejada en la reducción de la planilla del consumo de energía, esa reducción de la planilla indica un evidente ahorro en energía y en dinero, siendo este el indicador de haberse aplicado una política de eficiencia energética.

Para encontrar el incentivo económico al valor de la tarifa, se ha empezado por hacer un análisis de los ahorros de energía que se tienen al aplicarse las medidas tecnológicas como administrativas. Planteándose una reducción en valor de la tarifa horaria según el ahorro de energía generado de la siguiente manera:

- Si el porcentaje de ahorro de kWh está dentro del rango de 0-5%, el incentivo que se le aplica al valor de la tarifa, sería la reducción de un 10% del valor propuesto en el horario pico 18H00 a 22H00.
- Si el porcentaje de ahorro de kWh está dentro del rango de 6-10%, el incentivo aplicado al valor de la tarifa en el horario pico de 18H00 a 22H00, sería la reducción del 15% del valor de la tarifa propuesta.
- Si el porcentaje de ahorro de kWh, cae en el rango de 11-20%, se le aplicará el 25% de reducción del valor de la tarifa planteada en el horario pico 18H00 a 22H00.
- Si el porcentaje de ahorro de energía, está dentro del 21-30%, el incentivo aplicado es del 35% de reducción del valor de la tarifa horaria, en el horario pico.
- Si el porcentaje de ahorro de kWh, está dentro del 31% en adelante el incentivo aplicado en el horario de 07h-22h, sería del 50% de reducción del valor de la tarifa propuesta en el horario pico.

En la tabla 4.2 se presenta un resumen de la aplicación de los incentivos planteados al valor de la tarifa horaria:

| INCENTIVOS Y PENALIZACION EN EL VALOR DE LA TARIFA HORARIA | | | |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| RANGO DE PORCENTAJE | INCENTIVO | | |
| | USD/kWh(07h-18h) | USD/kWh(18h-22h) | USD/kWh(22h-07h) |
| 0-5 % | 0.052 | 0.160 | 0.042 |
| 6-10% | 0.052 | 0.151 | 0.042 |
| 11-20% | 0.052 | 0.133 | 0.042 |
| 21-30% | 0.052 | 0.115 | 0.042 |
| 31% y más | 0.052 | 0.089 | 0.042 |

Tabla 4.2 Aplicación de incentivos al valor de la tarifa horaria por el ahorro de energía.

Para poder comparar los resultados obtenidos con las diferentes tarifas, se plantea en el gráfico 4.6 la aplicación de las mismas al edificio antiguo de la Facultad de Ingeniería Eléctrica; donde se ha tomado en cuenta los valores a pagarse por el consumo de energía con la tarifa actual, la tarifa horaria sin incentivo alguno y la tarifa horaria con la aplicación de los incentivos. Además de la diferencia económica entre tarifas, es decir el ahorro que se obtendría entre la tarifa horaria y la misma con incentivos.

La tabla 4.3 es un resumen de los porcentajes de ahorro de energía generados por la implementación de medidas administrativas y tecnológicas para dicho caso de estudio y que fueron analizadas en el capítulo 2 y 3.

| MEDIDAS DE AHORRO DE ENERGIA | kWh - año | Ahorro kWh - año | Ahorro kWh – año [%] |
|---|------------------|-------------------------|-----------------------------|
| CONDICIONES ACTUALES DEL EDIFICIO | 112808.74 | 0.00 | 0.00 |
| MEDIDAS ADMINISTRATIVAS | 102776.18 | 10032.56 | 8.89 |
| SUSTITUCIÓN DE LUMINARIAS | 92403.67 | 20405.07 | 18.09 |
| SUSTITUCIÓN DE MOTORES | 106904.37 | 5904.37 | 5.23 |
| SUSTITUCIÓN DE MONITORES CRT POR LCD | 108279.53 | 4529.21 | 4.01 |
| MEDIDAS TECNOLÓGICAS | 83725.26 | 29083.48 | 25.78 |
| APLICACION DE TODAS MEDIDAS AHORRO | 78092.77 | 34715.97 | 30.77 |

Tabla 4.3 Ahorros de energía en kWh y porcentaje generados por la aplicación de medidas de ahorro.

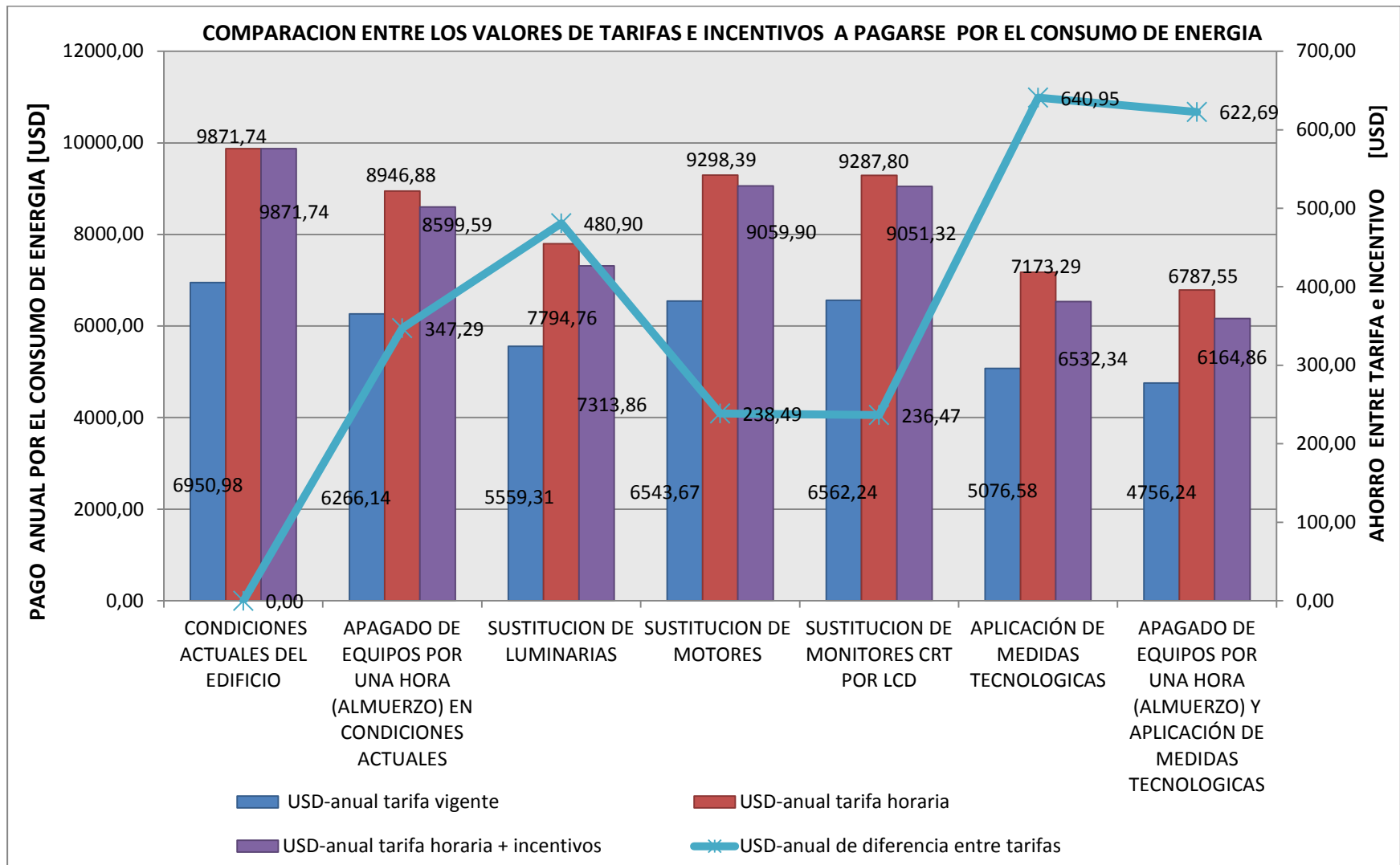


Gráfico 4.6 Comparación de los valores a pagar por el consumo de energía entre la tarifa horaria e incentivo.

4.2.3 APLICACION DE LA TARIFA HORARIA - RESIDENCIA

4.2.3.1 Aplicación de la tarifa horaria

Aplicando en la residencia el mismo procedimiento desarrollado para el edificio de antiguo de la FIE., en esta sección los incentivos que se obtendrían al aplicar la tarifa horaria; para lo cual se ha empezado por hacer un análisis de las condiciones actuales y propuestas, tanto en consumo como en ahorro de energía; como se muestra en el gráfico 4.7

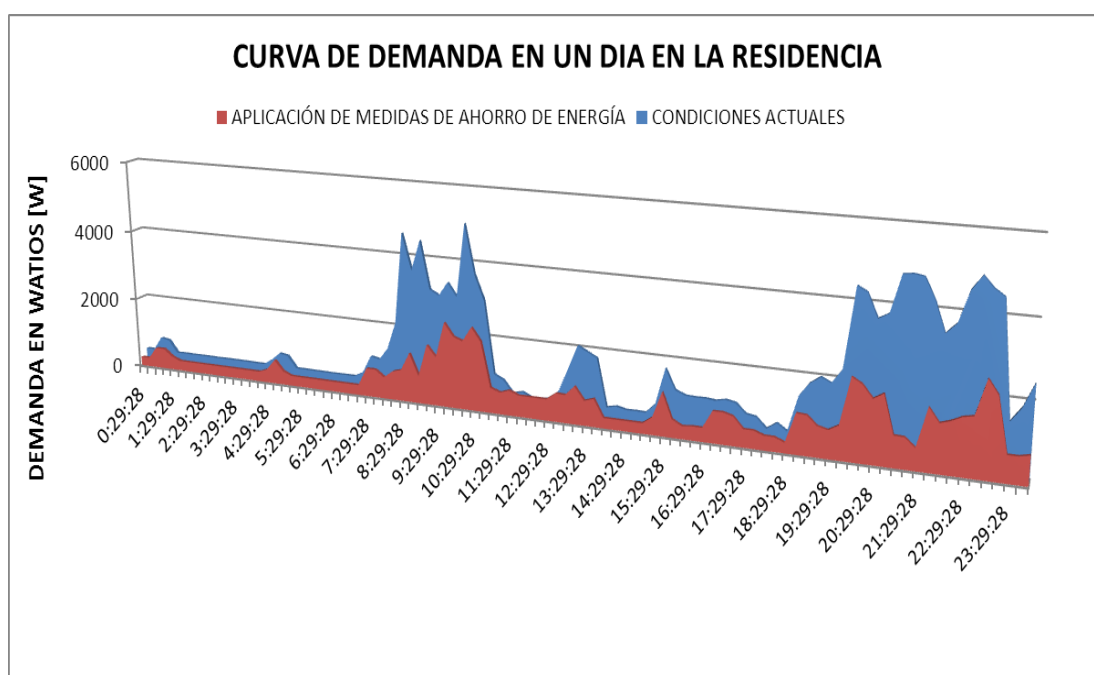


Gráfico 4.7 Curva de demanda – día de la residencia en condiciones actuales y con la aplicación de medidas de ahorro propuestas.

En el gráfico 4.8 que se muestra a continuación, se puede observar la variación que sufre la curva de demanda, si se traslada las actividades realizadas en la hora pico, las cuales implican un gran consumo de energía a otro horario que no sea el anterior. Con este traslado de horario se puede reducir el impacto de la tarifa horaria en la planilla de consumo del servicio eléctrico.

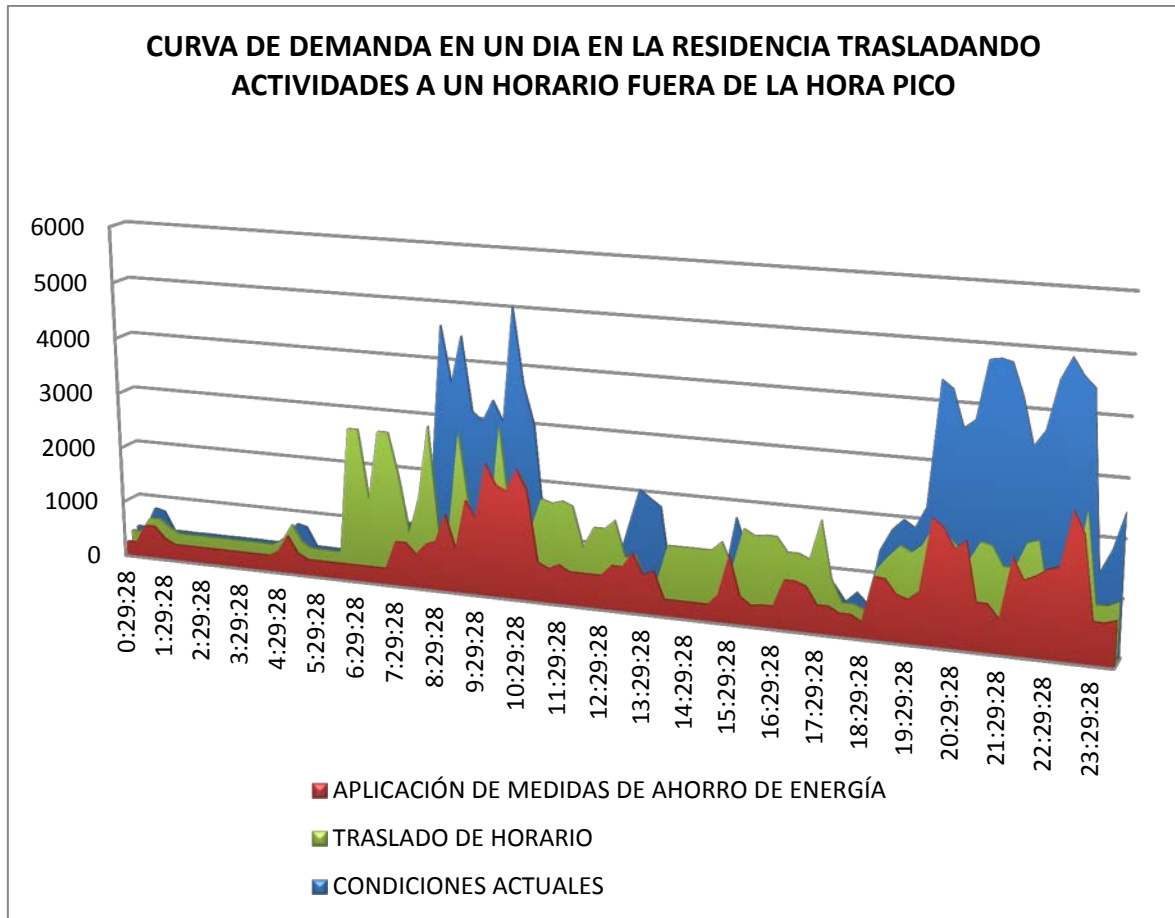


Gráfico 4.8 Curva de demanda en un día en la residencia si se traslada las actividades realizadas en la hora pico a otro horario.

Desde el gráfico 4.9 hasta el 4.13 que se muestra a continuación, se puede observar los resultados obtenidos al aplicar la tarifa horaria y el impacto que tiene la misma, en los pagos anuales por el servicio eléctrico.

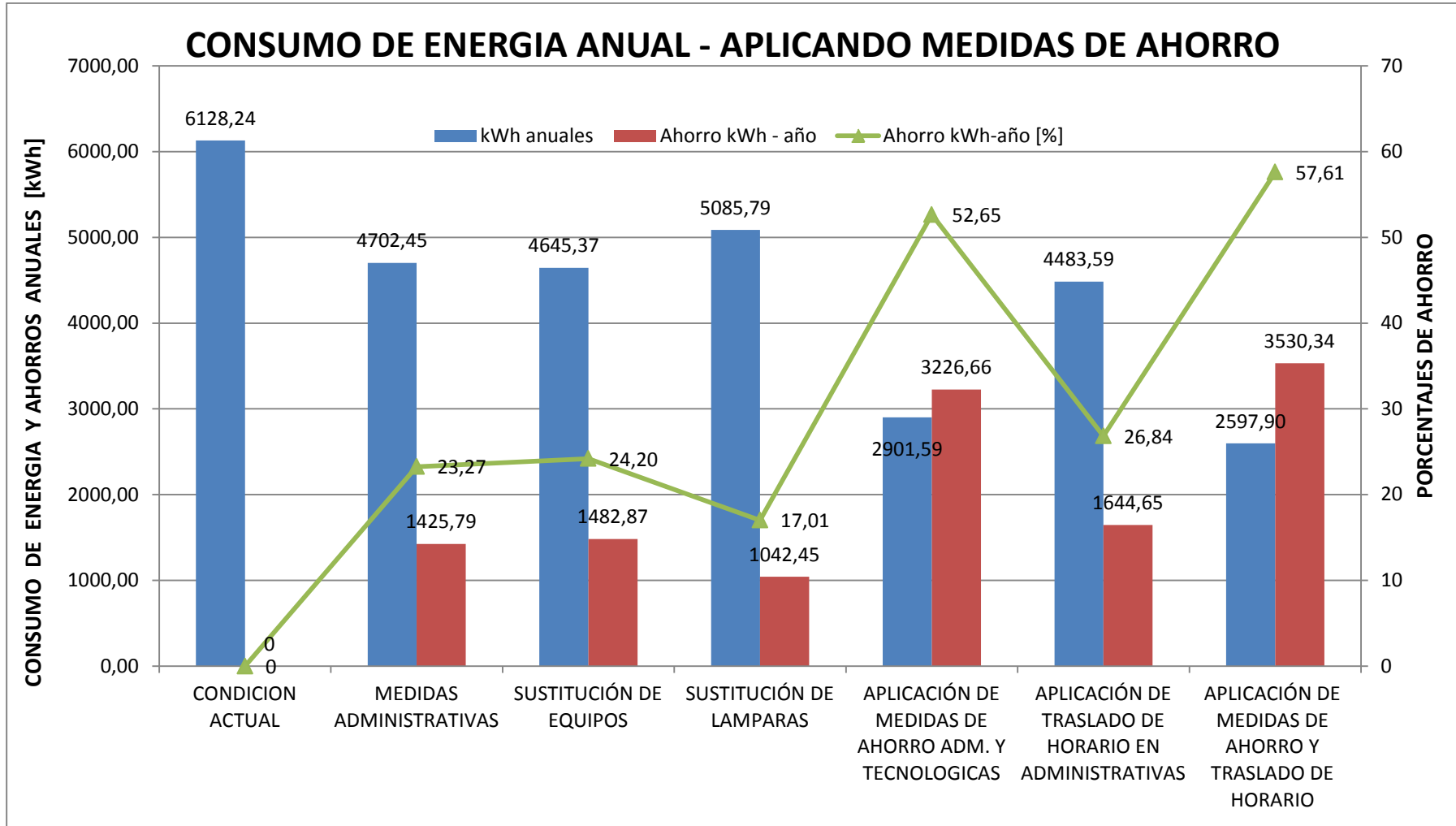


Gráfico 4.9 Consumo de energía anual aplicando las medidas de ahorro propuestas

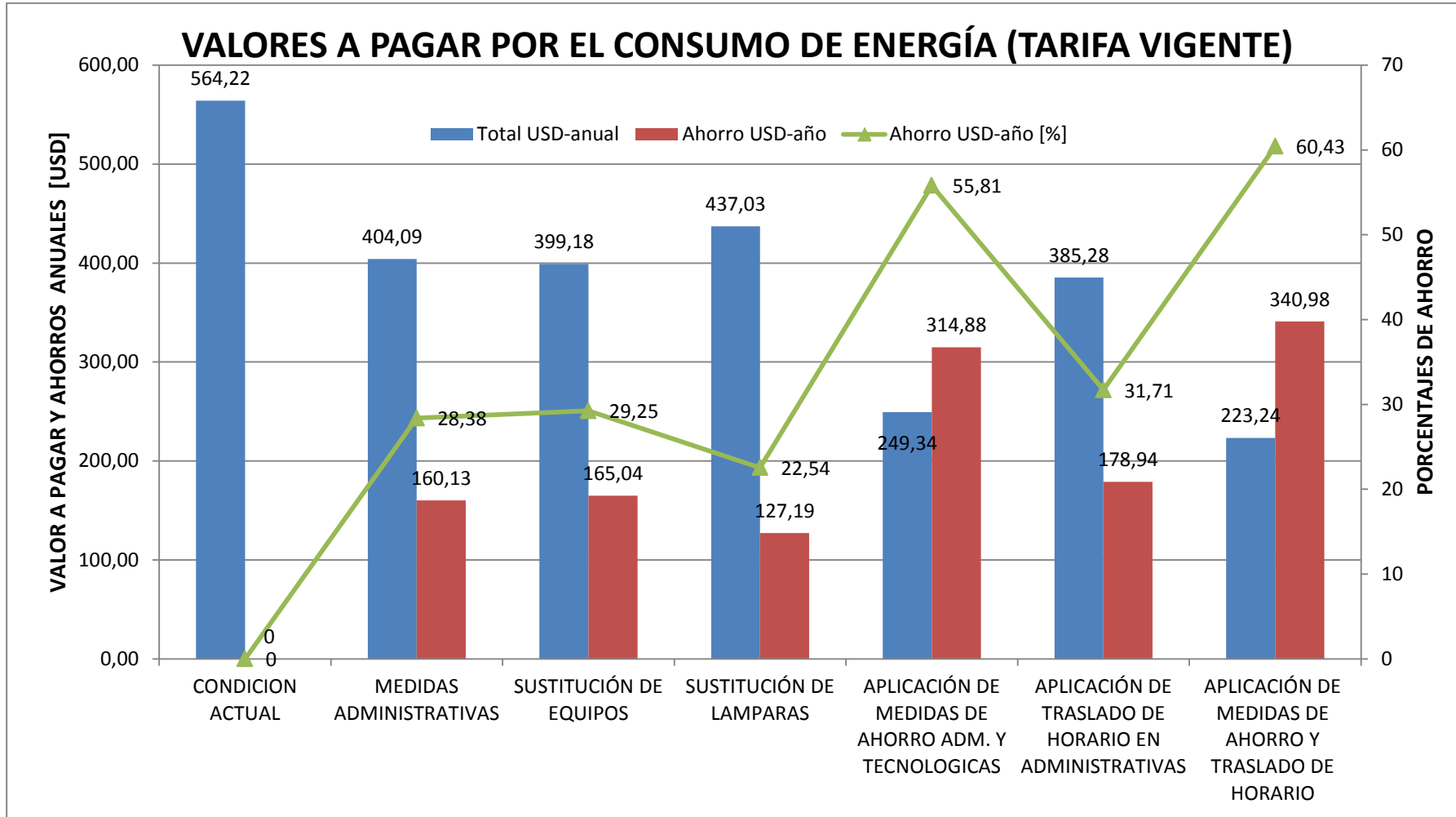


Gráfico 4.10 Valores a pagar por el consumo de energía aplicándose la tarifa vigente según el pliego tarifario.

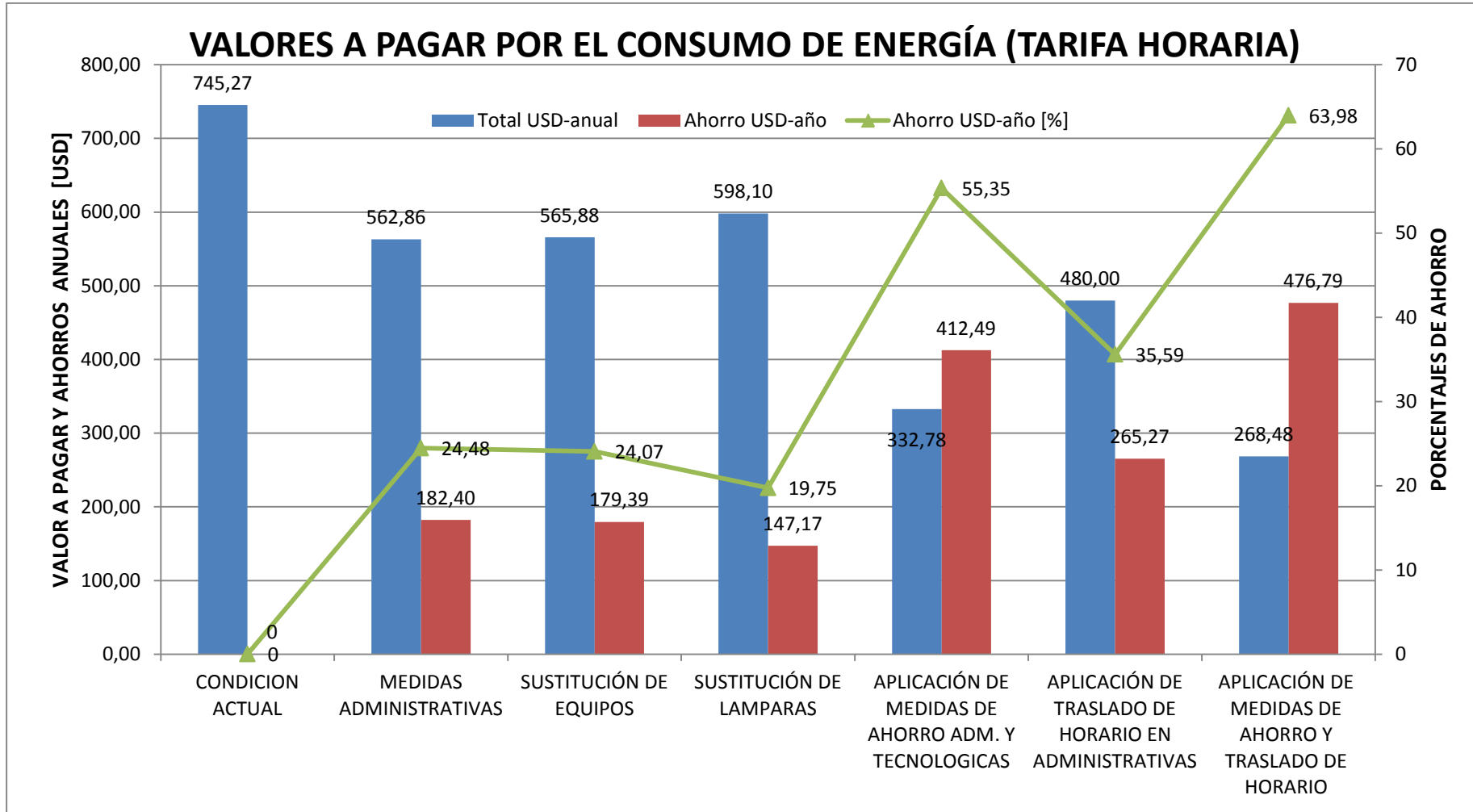


Gráfico 4.11 Valores a pagar anualmente y ahorros por el consumo de energía aplicando la tarifa horaria propuesta.

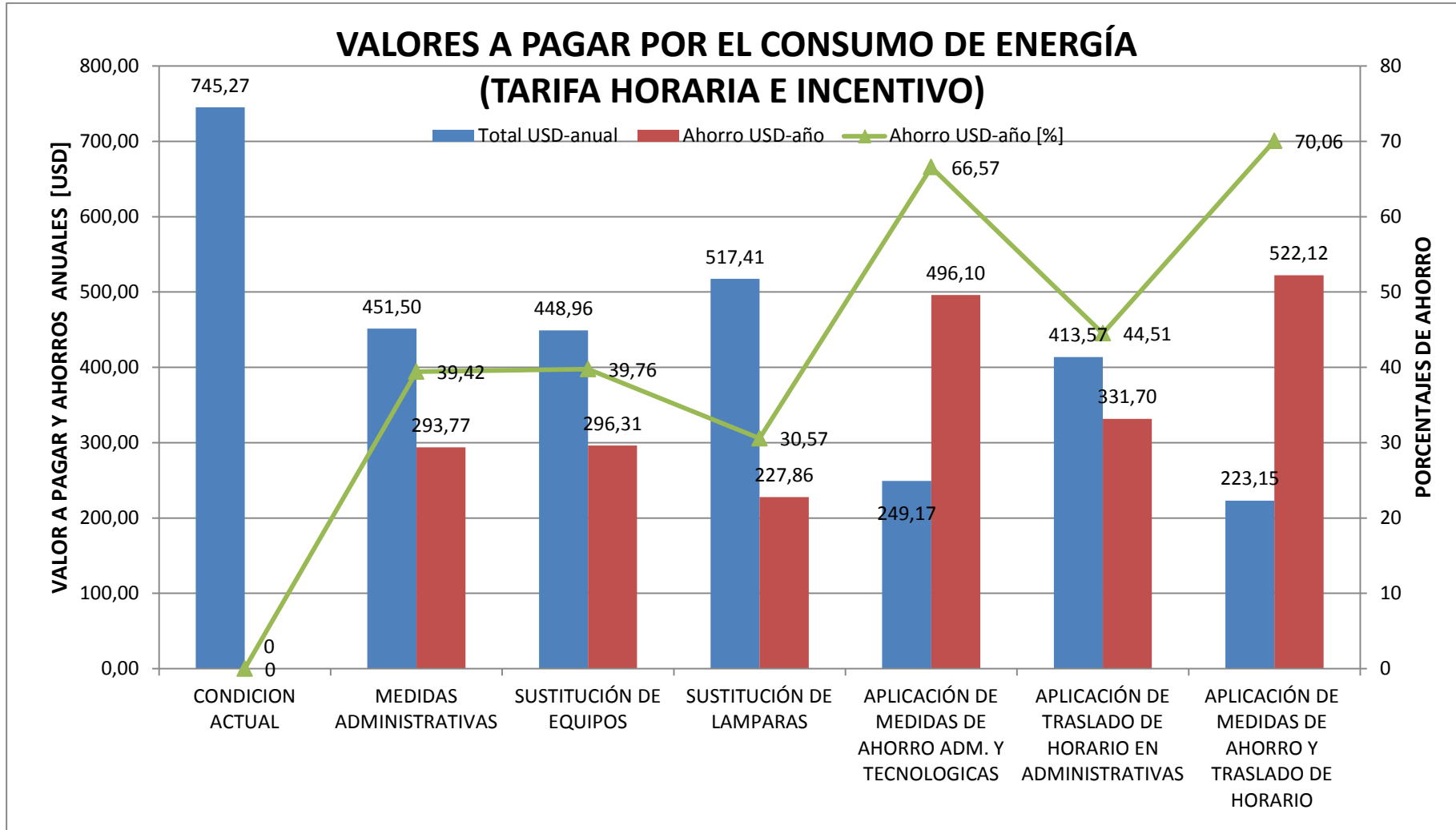


Gráfico 4.12 Valores a pagarse y ahorros obtenidos al aplicarse la tarifa horaria más incentivos

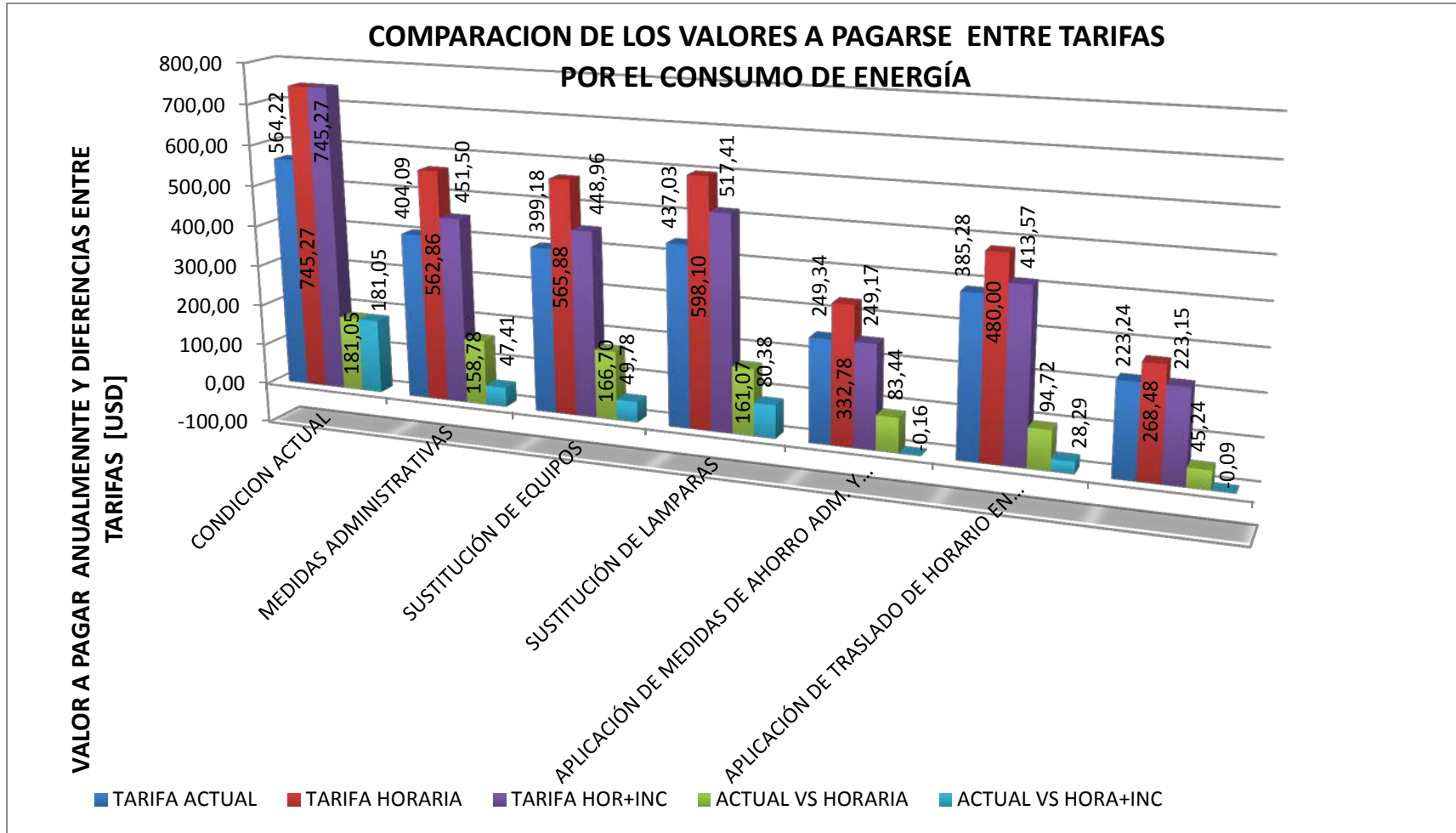


Gráfico 4.13 Comparación de los resultados en orden económico obtenidos con el análisis de las diferentes tarifas

4.3 CRITERIOS DE ACEPTACION DE LA TARIFA HORARIA

Para el desarrollo de este segmento del proyecto se hizo uso de la herramienta estadística de la encuesta, la cual fue aplicada a un sector de la población universitaria, específicamente a estudiantes y profesores de la Escuela Politécnica Nacional.

Se ha escogido este grupo de la población dado que, por una parte la mayoría de los encuestados conocen o saben de los parámetros eléctricos a cuestionarse y por otra son el ente más sensible al cambio de costumbres para un uso racional y eficiente del recurso energético, tanto en la institución como en sus hogares principalmente.

Los objetivos de la encuesta fueron:

- Motivar en los encuestados una cultura de ahorro y uso racional de la energía con el afán de mitigar el cambio climático y mejorar el ambiente.
- Conocer la opinión de la aplicación de la Tarifa Horaria en las horas pico.
- Conocer la predisposición que tiene el encuestado en cambiar sus costumbres en el consumo de energía con el propósito de ahorrar este recurso, pagar menos en su factura eléctrica y contribuir al ambiente.

Cabe de antemano agradecer a todos los profesores y estudiantes que nos regalaron parte de su tiempo de clases y de sus actividades para el desarrollo de esta parte del proyecto.

El modelo de la encuesta se muestra en la figura 4.1.

| | |
|--|---|
| <p>El Departamento de Energía Eléctrica de la Escuela Politécnica Nacional, ha emprendido la investigación de "LA TARIFA HORARIA EN EL ECUADOR COMO INCENTIVO DE EFICIENCIA ENERGETICA", con los propósitos de lograr disminuir la demanda y energía eléctrica en las horas pico del Sistema Eléctrico Ecuatoriano y así evitar el funcionamiento de centrales de generación térmica ineficientes que producen elevados niveles de contaminación ambiental y pérdidas al país.</p> | |
| <p>OBJETIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> Motivar en los encuestados una cultura de ahorro y uso racional de la energía con el afán de mitigar el cambio climático y mejorar el ambiente. Conocer la opinión de la aplicación de la Tarifa Horaria en las horas pico. Conocer la predisposición que tiene el encuestado en cambiar sus costumbres en el consumo de energía con el propósito de ahorrar este recurso, pagar menos en su factura eléctrica y contribuir al ambiente. | |
| <p>Marque con una X en la casilla correspondiente.</p> | |
| <p>CUESTIONARIO:</p> | |
| <p>1. En un mes, su consumo de energía por el cual le factura la empresa eléctrica distribuidora es:</p> | <p>>300 kWh <input type="checkbox"/></p> <p>> 100 y < 300 kWh <input type="checkbox"/></p> <p><100 kWh <input type="checkbox"/></p> |
| <p>2. Sabría usted que el costo de la tarifa eléctrica en el sector residencial es el mismo en las horas pico de 18h a 22h y fuera de horas pico, a pesar de que los costos de generación son mayores?</p> | <p>SI <input type="checkbox"/></p> <p>NO <input type="checkbox"/></p> |
| <p>3. Tiene conocimiento que en el horario de 18h00 a 22h0, el costo de generar energía eléctrica es mayor, ya que se enciende la mayoría de centrales de generación térmica, entre ellas las ineficientes y que contaminan el ambiente para poder mantener el servicio eléctrico sin que existan interrupciones?</p> | <p>SI <input type="checkbox"/></p> <p>NO <input type="checkbox"/></p> |
| <p>4. Conoce usted que cuando se utilizan artefactos eléctricos tales como: plancha eléctrica, ducha eléctrica, tanque eléctrico, cafetera eléctrica, lavadora, secadora, secador de pelo, en las horas pico del sistema de 18h a 22h, que no son indispensables en este horario, aumenta la demanda eléctrica sustancialmente.</p> | <p>SI <input type="checkbox"/></p> <p>NO <input type="checkbox"/></p> |
| <p>5. Estaría usted de acuerdo que en la hora pico del sistema de 18h a 22h, periodo en el cual funcionan la mayoría de las centrales térmicas, que contaminan el ambiente y que representan pérdidas para el país; se aplique un incremento en el valor de la tarifa, para los usuarios de alto consumo de energía eléctrica; con el propósito de reducir la demanda y la energía eléctrica?</p> | <p>SI <input type="checkbox"/></p> <p>NO <input type="checkbox"/></p> |
| <p>6. Podría usted trasladar a otro horario, fuera de las horas pico del sistema de 18h a 22h, las actividades como el uso de la plancha, ducha eléctrica, tanque eléctrico, cafetera eléctrica, lavadora, secadora, secador de pelo, que no son indispensables en este horario?</p> | <p>SI <input type="checkbox"/></p> <p>NO <input type="checkbox"/></p> |
| <p>7. Con el afán de reducir su consumo de energía y contribuir con la mitigación del cambio climático, estaría predispuesto a cambiar sus equipos eléctricos por unos más eficientes, sabiendo que la inversión que se haría se pagaría con los ahorros de energía que se obtengan mensualmente?</p> | <p>SI <input type="checkbox"/></p> <p>NO <input type="checkbox"/></p> |
| <p>8. Con el fin de crear una cultura de ahorro y uso racional de la energía; cuáles de estas alternativas de eficiencia energética, está aplicando o aplicaría en su residencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Apagar los aparatos eléctricos cuando no necesite <input type="checkbox"/> Iluminación Eficiente (focos ahorradores de energía eléctrica) <input type="checkbox"/> Sensores de presencia <input type="checkbox"/> Dimmers (focos a los cuales se los puede variar su nivel de iluminación) <input type="checkbox"/> Cambio de electrodomésticos por unos más eficientes | |
| <p>GRACIAS POR SU COLABORACION</p> | |

Figura 4.1 Modelo de la encuesta aplicada.

4.3.1 ANALISIS DE LOS RESULTADOS

En esta sección se presenta los resultados obtenidos en cada pregunta, dichos resultados se presentan en diagramas de barras la mayoría y otros en pastel estos diagramas muestran el número de sujetos que han seleccionado las diferentes variables y el porcentaje que representan estos sujetos con relación a la base de la muestra la misma que fue de 175 sujetos, como respaldo del presente análisis se adjuntado un grupo de encuestas en el anexo G. Se ha usado esta modalidad de análisis por la facilidad de comprensión de los resultados de la encuesta; tal como se muestra a continuación:

1. En un mes, su consumo de energía por el cual le factura la empresa eléctrica distribuidora es:

>300 kWh

> 100 y < 300kWh

<100 kWh

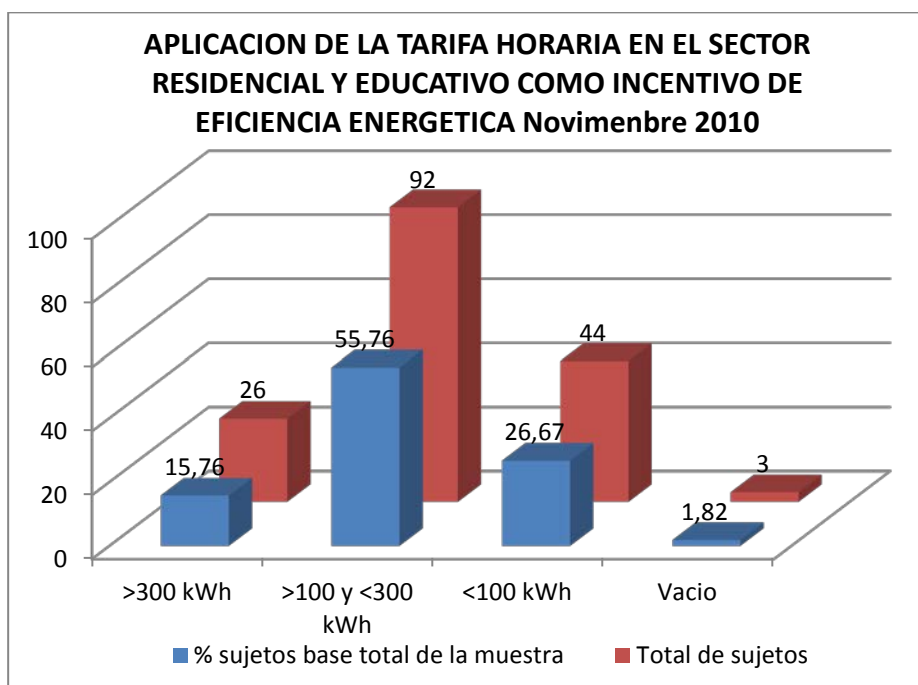


Gráfico 4.14 Resultado obtenido en la encuesta referente a la primera pregunta.

2. Sabía usted que el costo de la tarifa eléctrica en el sector residencial es el mismo en las horas pico de 18h a 22h y fuera de horas pico, a pesar de que los costos de generación son mayores?

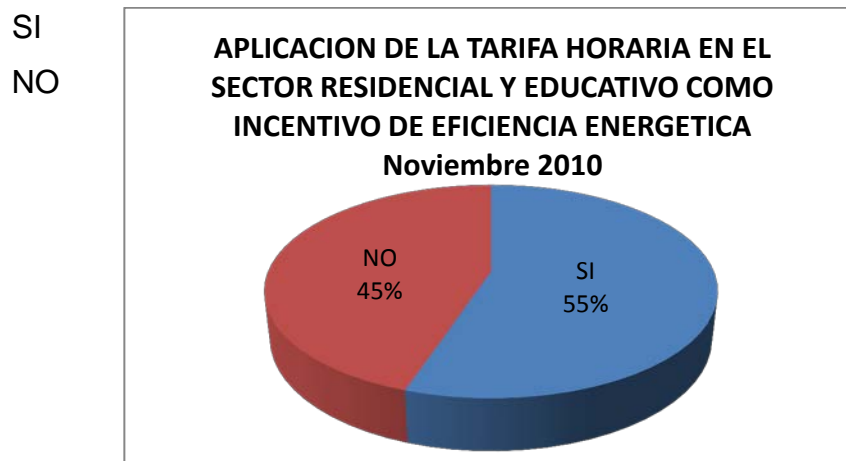


Gráfico 4.15 Resultado obtenido en la encuesta referente a la segunda pregunta.

3. Tiene conocimiento que en el horario de 18h00 a 22h0, el costo de generar energía eléctrica es mayor, ya que se enciende la mayoría de centrales de generación térmica, entre ellas las ineficientes y que contaminan el ambiente para poder mantener el servicio eléctrico sin que existan interrupciones?

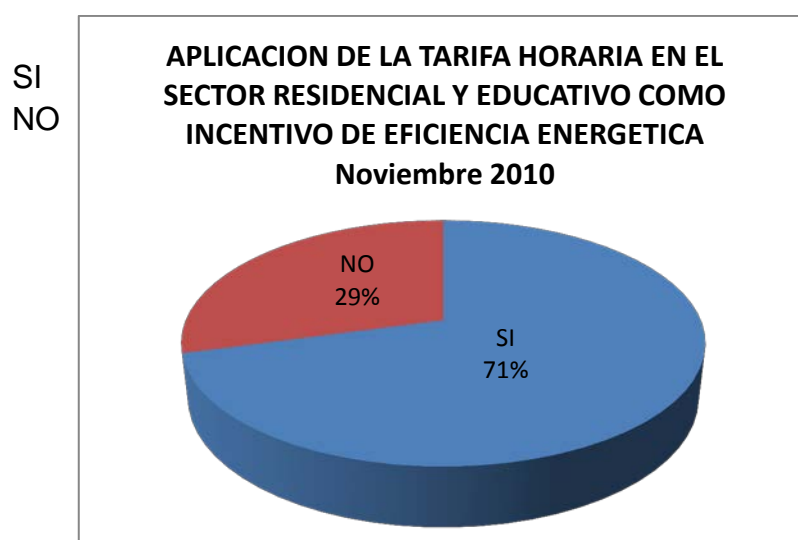


Gráfico 4.16 Resultado obtenido en la encuesta referente a la tercera pregunta.

4. Conoce usted que cuando se utilizan artefactos eléctricos tales como: plancha eléctrica, ducha eléctrica, tanque eléctrico, cafetera eléctrica, lavadora, secadora, secador de pelo, en las horas pico del sistema de 18 h a 22 h, que no son indispensables en este horario, aumenta la demanda eléctrica sustancialmente.

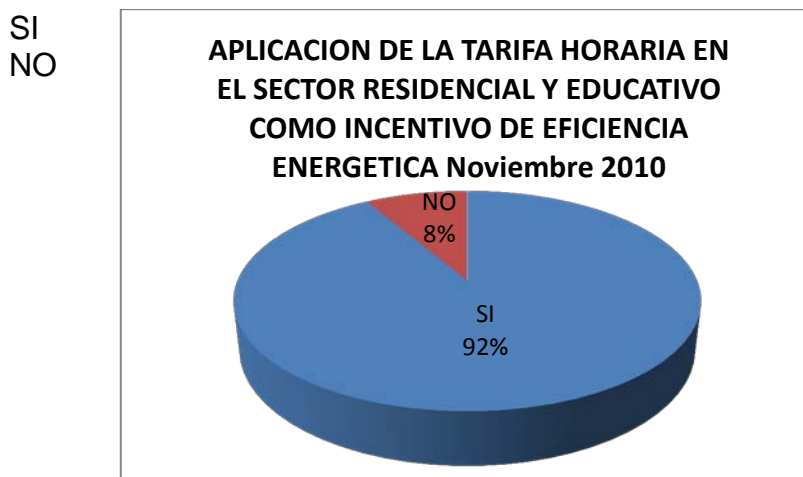


Gráfico 4.17 Resultado obtenido en la encuesta referente a la cuarta pregunta.

5. Estaría usted de acuerdo que en la hora pico del sistema de 18h a 22h, periodo en el cual funcionan la mayoría de las centrales térmicas, que contaminan el ambiente y que representan pérdidas para el país; se aplique un incremento en el valor de la tarifa, para los usuarios de alto consumo de energía eléctrica; con el propósito de reducir la demanda y la energía eléctrica?

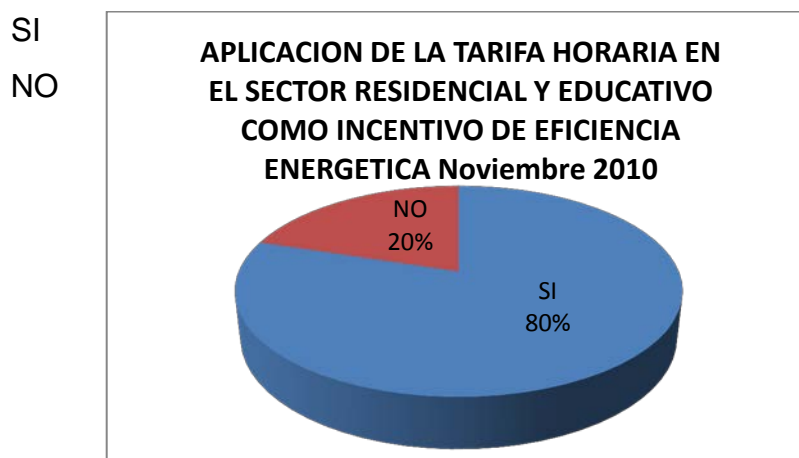


Gráfico 4.18 Resultado obtenido en la encuesta referente a la quinta pregunta.

6. Podría usted trasladar a otro horario, fuera de las horas pico del sistema de 18h a 22h, las actividades como el uso de la plancha, ducha eléctrica, tanque eléctrico, cafetera eléctrica, lavadora, secadora, secador de pelo, que no son indispensables en este horario?.

SI
NO

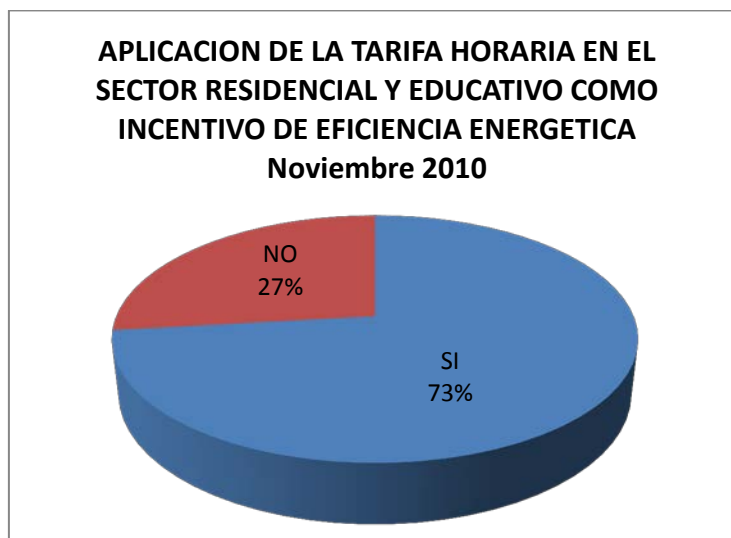


Gráfico 4.19 Resultados obtenidos en la encuesta referente a la sexta pregunta.

7. Con el afán de reducir su consumo de energía y contribuir con la mitigación del cambio climático, estaría predispuesto a cambiar sus equipos eléctricos por unos más eficientes, sabiendo que la inversión que se haría se pagaría con los ahorros de energía que se obtengan mensualmente?

SI
NO

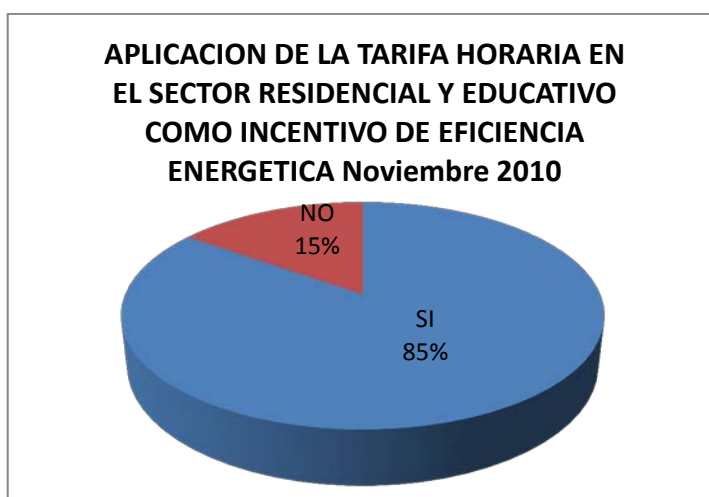


Gráfico 4.20 Resultado obtenido en la encuesta referente a la séptima pregunta.

8. Con el fin de crear una cultura de ahorro y uso racional de la energía; cuáles de estas alternativas de eficiencia energética, está aplicando o aplicaría en su residencia:

- Apagar los aparatos eléctricos cuando no necesite
- Iluminación Eficiente (focos ahorradores de energía eléctrica)
- Sensores de presencia
- Dimmers (focos a los cuales se los puede variar su nivel de iluminación)
- Cambio de electrodomésticos por unos más eficientes

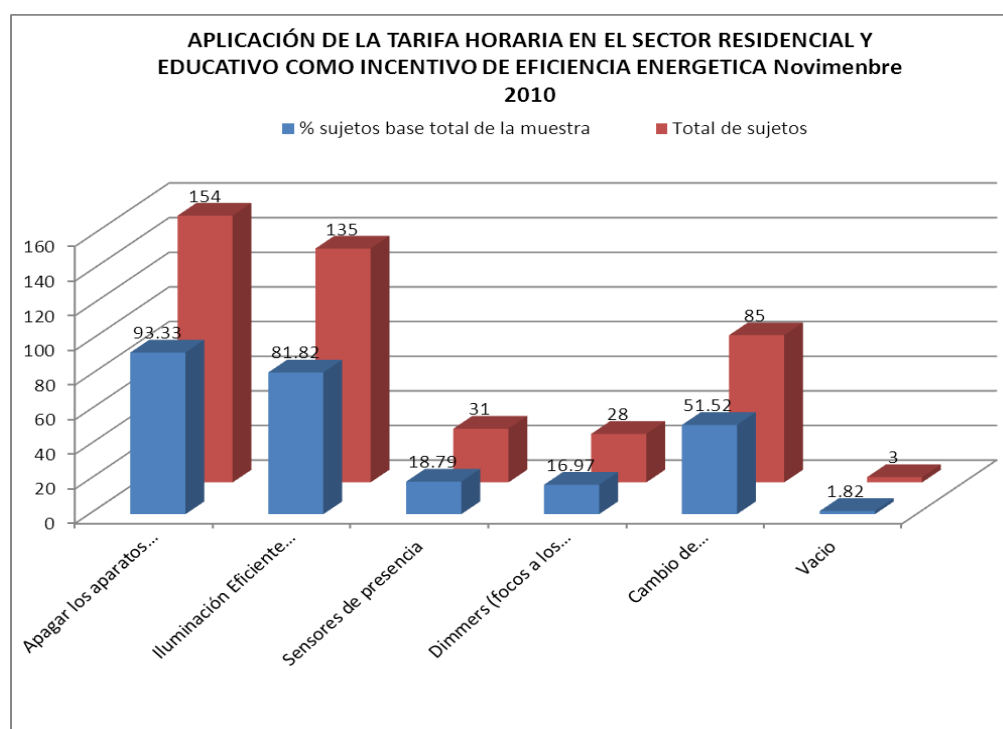


Gráfico 4.21 Resultados obtenidos en la encuesta referente a la octava pregunta.

Tomando en cuenta los objetivos de la encuesta se puede afirmar que:

- Se encontró una gran aceptación de los encuestados a que se aplicó una tarifa horaria para los usuarios de alto consumo.
- Hay la predisposición en los encuestados a cambiar sus hábitos de consumo de energía, además hay la motivación de aplicar medidas de ahorro administrativas como tecnológicas.
- Los encuestados tienen claro cual es su consumo de energía y el comportamiento de la curva de carga y el costo de generar las horas pico del sistema junto con las implicaciones respectivas.

CAPITULO 5.

EVALUACION ECONOMICA

5.1 ANTECEDENTES

Una vez identificadas las oportunidades de ahorro de energía y evaluados los potenciales de ahorro, es necesario realizar evaluaciones económicas, con el propósito de establecer la rentabilidad de aquellas medidas que requieren de una inversión.

En el presente capítulo se aplicará un análisis económico orientado específicamente a la principal fuente de ahorro de energía, que es el sistema de iluminación, el mismo que en este proyecto alcanza un ahorro notable si se compara con las otras medidas tecnológicas propuestas.

5.2 CRITERIOS DE EVALUACION ECONOMICA_[7]

El objetivo de la evaluación económica es analizar las alternativas y escoger la más conveniente desde el punto de vista económico. La filosofía para estudios de alternativas es que siempre se usará la alternativa que requiera la mínima inversión de capital y que produzca resultados funcionales satisfactorios, a menos que haya razones definidas para que se deba adoptar una alternativa que requiera una inversión más alta.

Para este caso de estudios los métodos básicos aplicados serán los siguientes:

- Método de la Tasa Interna de Retorno (TIR)
- Valor Actual Neto (VAN)
- Relación Costo – Beneficio

Método de la Tasa Interna de Retorno.- El criterio para saber si un proyecto es rentable la TIR debe ser mayor que la tasa de descuento o Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable, generalmente el proyecto será viable si la rentabilidad está entre el 50 y 60% de la TIR.

$$C + \sum_{j=0}^{j=n} O \& M(1 + i)^{-j} = \sum_{j=0}^n G_j(1 + i)^{-j} \quad (5.1)$$

Donde:

C= Capital invertido

i= Tasa Interna de Retorno

La ecuación 5.1 indica que la tasa i que iguala los ingresos con los gastos es la TIR. Aplicado generalmente para periodos con flujos variables o constantes.

Valor Actual Neto.- El criterio para saber si un proyecto es viable el $VAN > 0$. Es el valor actual porque es la rentabilidad traída a valor presente o año cero.

$$VAN = \sum_{j=0}^{j=n} (G_j - O \& M_j) (1 + i)^{-j} + \dots - C - CI(1 + i)^{-n} \quad (5.2)$$

Dónde:

VAN = Valor Actual Neto

CI = Valor de Rescate o Valor Residual

i = Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable (TRMA)

En la ecuación 5.2 se indica que se debe traer a Valor Presente o año cero todos los flujos de las ganancias menos los gastos y más el valor de rescate si durante la vida útil este valor es mayor que cero el proyecto se puede considerarlo rentable. Aplicado para flujos variables o constantes.

Relación Costo – Beneficio (B/C).- Si la Relación Costo – Beneficio es mayor que uno ($B/C > 1$) entonces el proyecto es viables es el criterio aplicado para saber si un proyecto es factible. Es la relación entre flujos actuales o ingreso y la inversión más los costos de operación y mantenimiento.

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{j=0}^n Va(B_j)}{RC + \sum_{j=0}^n Va(G_j)} \quad (5.4)$$

Dónde:

Va (B_j) = Beneficios anuales de los beneficios para el j -ésimo periodo.

Va (G_j) = Valor anual de los gastos para el j -ésimo periodo.

RC = Recuperación de capital.

Para poder sumar los ingresos durante la vida útil del proyecto se debe traer las cantidades a valor presente puesto que es dinero futuro, de la misma forma se hace con los gastos. Dependiendo del caso la ecuación 5.5 puede ser simplificada.

$$U = G - (O\&M + D + I + T) \quad (5.5)$$

Dónde:

U=Utilidades

G= Ganancias

O&M= Gastos de Operación y Mantenimiento.

D = Depreciación

I = interés

T = Impuesto

En resumen para que un proyecto sea desde el punto de vista económico viable, los valores límites de los diferentes criterios de evaluación son los siguientes:

Valor Actual Neto mayor que cero. VAN>0

Tasa Interna de Retorno mayor que tasa de Descuento. TIR>k

Relación Costo/Beneficio menor que 1. B/C<1

5.3 ANALISIS DE LA EVALUACION ECONOMICA

El análisis de la evaluación económica del Edificio de Ingeniería Eléctrica ha sido enfocado en dos escenarios, el primero aplicando la tarifa propuesta y la segunda aplicando la tarifa vigente del presente estudio.

5.3.1 SISTEMA DE ILUMINACION

5.3.1.1 Primer Escenario – Aplicación con la tarifa propuesta

| GASTOS EN LA APLICACION DE UN SISTEMA EFICIENTE EN ILUMINACION | | | |
|---|-----------------|-------------------|---------------------|
| PRODUCTO | Cantidad | Precio c/u | Precio final |
| Luminarias Accord 2X54W T5 with coated lamp covers | 218 | 196.2 | 42771.6 |
| Focos Ojos de Buey 23W E27 | 19 | 1.95 | 37.05 |
| Foco ahorrador 15W | 28 | 1.95 | 54.6 |
| Reflector Ahorrador 23W E27 | 4 | 9.22 | 36.88 |
| Fluorescente. Electrónica 32W | 18 | 5.52 | 99.36 |
| Materiales Eléctricos | | | 1000 |
| TOTAL INVERSION INICIAL USD | | | 43999.49 |
| (O&M) c/4 años hasta la vida útil la carcaza | | | |
| Tubo Fluorescente T5 28W | 436 | 1.47 | 640.92 |
| Balastro electrónico T5 2X54W MULTIVOLTAJE | 218 | 18.6 | 4054.8 |
| TOTAL COSTO O&M USD | | | 4695.72 |

Tabla 5.1 Inversión inicial del nuevo sistema de iluminación

| AHORROS - APLICACIÓN TARIFA HORARIA | |
|--|---------|
| TOTAL USD | 2076.98 |

Tabla 5.2 Ingresos anuales aplicando los valores de la tarifa propuesta en el proyecto

CONCLUSION:

- Considerando que la inversión inicial es significativamente elevada y que el tiempo de recuperación del capital aproximadamente duplica el tiempo de vida de la luminaria se concluye que la medida tecnológica propuesta NO es viable desde el punto de vista económico.
- Valorando que la propuesta sugerida puede ser no atractiva desde el lado económico para el cliente se concluye que a pesar de esta condición la reducción de CO₂ emitida al ambiente es de 5448kg/año CO₂. Con un factor de 0.267kgCO₂/kWh (Factor obtenido de la Oficina Catalana del Canvi Climàtic Agencia Europea del Medio ambiente [8])

5.3.1.2 Segundo Escenario – Aplicación con la tarifa vigente.

- Similar al escenario anterior y partiendo del ahorro anual que se obtendría al aplicar esta medida tecnológica, se concluye que la propuesta NO es viable.

Con el afán de buscar un modelo de ahorro de energía que pueda integrar las oportunidades de ahorro planteadas en este proyecto, se sugiere como una alternativa a la propuesta anterior, el evaluar económicamente el caso de un sistema de iluminación eficiente, pero con un costo menor de la valorada en el literal anterior. (Las proformas de las luminarias a implementarse se incluyen en el anexo H)

Tomando como punto de partida, que en el tercer capítulo - numeral proyecto piloto se ha hecho una breve comparación técnica entre las luminarias del aula 304 y 404 respectivamente; donde se ha observado que estos dos sistemas de iluminación son eficientes y cumplen con los niveles de iluminación recomendados, se pone a consideración del proyecto este nuevo planteamiento:

5.3.1.3 Primer Escenario – Alternativa con la Tarifa Propuesta

| GASTOS EN LA APLICACIÓN DE UN SISTEMA EFICIENTE EN ILUMINACION | | | |
|---|-----------------|-------------------|---------------------|
| PRODUCTO | Cantidad | Precio c/u | Precio final |
| Luminarias Industrial 2X32W T8. | 218 | 36.52 | 7961.36 |
| Focos Ojos de Buey 23W E27 | 19 | 1.95 | 37.05 |
| Foco ahorrador 15W | 28 | 1.95 | 54.6 |
| Reflector Ahorrador 23W E27 | 4 | 9.22 | 36.88 |
| Fluorescente. Electrónica 32W | 18 | 5.52 | 99.36 |
| Materiales Eléctricos | | | 1000 |
| TOTAL INVERSION INICIAL USD | | | 9189.25 |
| (O&M) c/3 años hasta la vida útil la carcasa | | | |
| Tubo Fluorescente T5 32W | 436 | 1.59 | 693.24 |
| Balastro electrónico T5 2X32W MULTIVOLTAJE | 218 | 7.12 | 1552.16 |
| TOTAL COSTO O&M USD | | | 2245.4 |

Tabla 5.3 Inversión inicial del nuevo sistema de iluminación – alternativa

| AHORROS - APLICACIÓN TARIFA HORARIA | |
|--|---------|
| TOTAL USD | 2076.98 |

Tabla 5.4 Ingresos anuales aplicando los valores de la tarifa propuesta del proyecto.

| | | |
|-----------------------------------|---|---------------|
| 11.83% | Tasa máxima comercial pymex | |
| -9189.250 | Inversión inicial | |
| 2076.980 | ingreso 1er año | |
| 2076.980 | 2do año | |
| -168.420 | 3er año | |
| 2076.980 | 4to año | |
| 2076.980 | 5to año | |
| -168.420 | 6to año | |
| 2076.980 | 7mo año | |
| 2076.980 | 8vo año | |
| -168.420 | 9no año | |
| 2076.980 | 10mo año | |
| 2076.980 | 11vo año | |
| -168.420 | 12vo año | |
| 2076.980 | 13 vo año | |
| 2076.980 | 14vo año | |
| -168.420 | 15vo año | |
| \$ 505.12 | Valor Actual Neto de la inversión. | |
| 13% | Tasa interna de retorno | |
| \$ 0.95 | Relación Costo - Beneficio | |
| \$ 9,694.37 | Valor Actual Neto Beneficios | |
| 9189.25 | Valor Actual Neto Costos | |
| ANALISIS DE LOS RESULTADOS | | |
| VAN>0 | 505.12>0 | VIABLE |
| TIR>11.83% | 13%>11.83% | VIABLE |
| RCB<1 | 0.95<1 | VIABLE |

Tabla 5.5 Flujos del proyecto y evaluación de criterios económicos - alternativa

CONCLUSION:

- En base al análisis de resultados de la tabla 5.5 se concluye que la alternativa sugerida del sistema de iluminación es VIABLE.

5.3.1.4 Segundo Escenario – Alternativa con la Tarifa Vigente

| AHORROS - APLICACIÓN TARIFA VIGENTE | |
|--|----------|
| Energía - año (kWh - año) | 20405.07 |
| TOTAL USD | 1058.36 |

Tabla 5.6 Ingresos anuales aplicando los valores de la tarifa vigente del proyecto

| | | |
|-----------------------------------|---|------------------|
| 11.83% | Tasa máxima comercial pymex | |
| -9189.250 | Inversión inicial | |
| 1058.360 | ingreso 1er año | |
| 2076.980 | 2do año | |
| -168.420 | 3er año | |
| 2076.980 | 4to año | |
| 2076.980 | 5to año | |
| -168.420 | 6to año | |
| 2076.980 | 7mo año | |
| 2076.980 | 8vo año | |
| -168.420 | 9no año | |
| 2076.980 | 10mo año | |
| 2076.980 | 11vo año | |
| -168.420 | 12vo año | |
| 2076.980 | 13vo año | |
| 2076.980 | 14vo año | |
| -168.420 | 15vo año | |
| (\$ 405.74) | Valor Actual Neto de la inversión. | |
| 11% | Tasa interna de retorno | |
| \$ 1.05 | Relación Costo - Beneficio | |
| \$ 8,783.51 | Valor Actual Neto Beneficios | |
| 9189.25 | Valor Actual Neto Costos | |
| ANALISIS DE LOS RESULTADOS | | |
| VAN>0 | (405.74)>0 | NO VIABLE |
| TIR>11.83% | 11>11.83% | NO VIABLE |
| RCB<1 | 1.05<1 | NO VIABLE |

Tabla 5.7 Flujos del proyecto y evaluación de criterios económicos – alternativa

CONCLUSION:

- En base a la tabla 5.7 se concluye que la alternativa analizada no puede ser viable aunque los valores de rentabilidad y relación de costo beneficio sean aproximadamente iguales a los valores límites de los criterios en cuestión.

5.3.2 SISTEMA DE COMUNICACIONES Y DATOS

5.3.2.1 Primer Escenario – Aplicación con la Tarifa Propuesta

| GASTOS EN LA APLICACIÓN DE UN SISTEMA EFICIENTE DE COMUNICACIÓN Y DATOS | | | |
|--|-----------------|-------------------|---------------------|
| PRODUCTO | Cantidad | Precio c/u | Precio final |
| Monitor plano | 136 | 115 | 15640 |
| Materiales Eléctricos | | | 1000 |
| TOTAL INVERSION INICIAL USD | | | 16640 |
| (O&M) vida útil 6 años | | | |
| TOTAL COSTO O&M USD | | | 0 |

Tabla 5.8 Inversión inicial del nuevo sistema de comunicación y datos

| AHORROS - APLICACIÓN TARIFA HORARIA | |
|--|--------|
| TOTAL USD | 583.95 |

Tabla 5.9 Ingresos anuales aplicando los valores de la tarifa propuesta del proyecto

| | | |
|-----------------------------------|---|------------------|
| 11.83% | Tasa máxima comercial pymex | |
| -16640.000 | Inversión inicial | |
| 583.950 | ingreso 1er año | |
| 583.950 | 2do año | |
| 583.950 | 3er año | |
| 583.950 | 4to año | |
| 583.950 | 5to año | |
| 583.950 | 6to año | |
| 583.950 | 7mo año | |
| 583.950 | 8vo año | |
| 583.950 | 9no año | |
| 583.950 | 10mo año | |
| (\$ 13,317.46) | Valor Actual Neto de la inversión. | |
| -16% | Tasa interna de retorno | |
| \$ 5.01 | Relación Costo - Beneficio | |
| \$ 3,322.54 | Valor Actual Neto Beneficios | |
| 16640 | Valor Actual Neto Costos | |
| ANALISIS DE LOS RESULTADOS | | |
| VAN>0 | (13,317.46)>0 | NO VIABLE |
| TIR>11.83% | -16%>11.83% | NO VIABLE |
| RCB<1 | 5.01<1 | NO VIABLE |

Tabla 5.10 Flujos del proyecto y evaluación de criterios económicos.

5.3.2.2 Segundo Escenario – Aplicación con la Tarifa Vigente

CONCLUSION:

- Manteniendo el procedimiento anterior de análisis, se considera que la medida tecnológica propuesta NO es viable para este escenario ya que la relación entre la tarifa vigente y la propuesta es de 1 a 3 aproximadamente. La reducción de CO₂ emitida al ambiente es de 1209.29kg/año de CO₂.

5.3.3 SISTEMA DE FUERZA

Al evaluar el sistema en cuestión se pudo observar que la tendencia de la propuesta tecnológica a implementar fue similar a la tabla 5.10 por lo tanto NO es viable a pesar de que la potencia instalada sea representativa. La reducción de CO₂ emitida al ambiente es de 1576.46kg/año de CO₂.

Una causa para que algunas medidas tecnológicas propuestas no sean viables desde el punto de vista económico, es que los porcentajes de ingresos u ahorros son mínimos si se comparan con la inversión inicial que implicaría el sistema.

CAPITULO 6.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Con la aplicación del modelo de ahorro de energía propuesto en la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional, es posible conseguir una reducción anual de 34715.97kWh que representa el 30.77% por el consumo de energía eléctrica y un 36kW en la demanda.
- En la residencia evaluada del presente proyecto el consumo de energía eléctrica mensual está sobre los 400kWh, si se aplica varias medidas de ahorro de energía eléctrica es posible conseguir una reducción de la demanda en 2.5kW y una reducción del consumo de energía eléctrica en 3530.34kWh anuales, que representa el 57.61 %.
- Al aplicar un cambio en las costumbres del uso de la energía en la residencia evaluada, la energía que se podría ahorrar en un año es de aproximadamente 1425.79kWh que constituye un 23.27% de su consumo eléctrico.
- Con la aplicación del modelo de ahorro de energía propuesto en la Facultad de Ingeniería Eléctrica, es posible alcanzar una reducción de 9269.16kg/año de CO₂ y por la aplicación del modelo de ahorro de energía en la residencia se obtendría una reducción de 942.60kg/año de CO₂, aunque no son ahorros significativos igual es una contribución al ambiente.
- En el caso de aplicar la tarifa horaria propuesta en las horas pico del sistema, de no implementarse las medidas de ahorro de energía propuesto en el Edificio de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica la planilla eléctrica se incrementaría en el orden del 30%, y con la aplicación de dichas medidas de ahorro de energía la planilla se reduciría el 31.57 %.
- Se determinó que con la implementación de un sistema de iluminación eficiente en el Edificio de la Facultad de Ingeniería Eléctrica se puede obtener una reducción en la potencia instalada del 20.49kW.

- Con la aplicación de las tarifas vigentes en el pliego tarifario, por el consumo de energía y por demanda correspondientes al periodo de estudio, se determinó que al mantenerse las condiciones actuales del edificio de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica el consumo de energía es aproximadamente 112808.74kWh anuales, que corresponde a 6950.98USD anuales.
- Con la aplicación de la tarifa horaria propuesta y bajo las condiciones actuales del edificio de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, el consumo de energía sería los mismos 112808.74kWh en un año, pero su correspondiente valor a pagarse sería de 9871.74USD incluido en este valor el costo por demanda.
- En el caso de aplicarse la tarifa horaria propuesta en las horas pico del sistema y de no implementarse las medidas de ahorro de energía planteadas, la planilla eléctrica se incrementaría en el orden del 32%.
- Al realizar una comparación entre el valor a pagarse anualmente por el consumo de energía y la tarifa vigente y la horaria propuesta, se observó que la relación en valor entre las dos tarifas es de 1.5 veces, que corresponde a un incremento de un 30% del valor vigente por este servicio.
- Bajo las mismas condiciones de ahorro de energía y con la aplicación la tarifa horaria, el valor a pagarse en un año por el consumo de energía es de 6787.55USD cuyo ahorro es de 3084.19USD que es un 31.24% aproximadamente.
- Mediante la aplicación de la tarifa horaria en las horas pico del sistema eléctrico ecuatoriano Es factible conseguir en el usuario residencial de consumo de energía mayor a 400kWh mensual, un ahorro en su demanda y energía eléctrica.
- En los dos casos de estudio de este proyecto se puede observar, que con las aplicaciones de la tarifa horaria e incentivo, más las diferentes medidas de ahorro planteadas se ganaría una reducción importante en el valor de la planilla evitando egresos anuales innecesarios.
- De la evaluación energética realizada al Edificio de la Facultad de Ingeniería Eléctrica se determinó, que el nivel de iluminación de los distintos locales del

Edificio de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, está en el nivel mínimo recomendado.

- En el Edificio de la Facultad de Ingeniería Eléctrica la curva de carga diaria entregada por el analizador, determinó que la demanda pico del día está alrededor del mediodía.
- Del plan de eficiencia energética planteado se determinó que las alternativas económicamente viables son la sustitución de las luminarias T12 a T8, donde la inversión inicial del capital es de USD 9,189.250 y el tiempo de recuperación del capital aproximadamente en los primeros 4.24 años.
- Se confirma que del universo encuestado el 80% acepta un incremento en el valor de la tarifa en la hora pico.
- Desde la perspectiva económica el proyecto no es muy atractivo, pero podría ser el inicio de un modelo de eficiencia energética en el sector educativo contribuyendo desde el punto de vista ambiental con ahorros en las emisiones de CO₂, costos evitados por la importación de combustibles y lo principal dejar o mantener un lugar donde vivir que sea sustentable y sostenible.

6.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar en el Edificio un sistema de iluminación eficiente reemplazando las lámparas T12 de potencias de 40W y 75W por lámparas T5 o T8 de 14W, 28W ó 32W.
- Es recomendable y de manera urgente que en la residencia evaluada se reemplace todas las duchas eléctricas existentes por un sistema solar térmico o en su defecto por un calefón.
- Se sugiere sustituir los bombillos incandescentes por lámparas de bajo consumo ya que los focos incandescentes sólo aprovechan en iluminación un 5% de la energía eléctrica que consumen y el 95% restante se transforma en calor sin radiación luminosa, además ahorran un 80% de energía y duran hasta 8 veces más.
- Se recomienda usar tubos fluorescentes donde se necesite más flujo luminoso y en los lugares donde estén encendidos muchas horas.

- En ubicaciones con encendidos y apagados frecuentes, es recomendable poner lámparas del tipo electrónico, en vez de las de bajo consumo convencionales, ya que éstas disminuyen de manera importante su vida útil con el número de encendidos.
- Se recomienda mantener limpias las lámparas y las pantallas, esto aumentará la luminosidad sin elevar la potencia.
- Se recomienda en lo posible aprovechar la iluminación de la luz del sol, que es más natural, menos contaminante y además gratuita.
- Se sugiere pintar con colores claros las paredes y techos para aprovechar mejor la iluminación natural y poder reducir el alumbrado artificial.
- Es beneficioso analizar las necesidades de iluminación en cada una de las partes del edificio y de la vivienda, ya que no todos los espacios requieren la misma cantidad, ni durante el mismo tiempo, ni con la misma intensidad.
- Regular la iluminación a las necesidades y dar preferencia a la iluminación localizada; además de ahorrar energía se conseguirá ambientes más confortables.
- Reducir al mínimo la iluminación ornamental en exteriores.
- Colocar puntos de luz de manera que se iluminen los lugares colindantes, como vestíbulos y pasillos.
- Es de vital importancia comenzar con una seria política de eficiencia energética en la comunidad politécnica y motivar al usuario a usar la energía de una forma racional y eficiente.

BIBLIOGRAFIA

- [1] CARL DUISBERG GESELLSCHAFT E.V, MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS DEL PERU, *“Uso racional de Energía – Eficiencia Energética y Energías Renovables”*. Perú 1999.
- [2] PROYECTO DE INVESTIGACION SEMILLA EPN, *“La tarifa horaria en el Ecuador como incentivo de eficiencia energética”*. Abril 2011.
- [3] MINISTERIO DE ENERGIAS Y MINAS REPUBLICA DE COLOMBIA, *“Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público”*. Marzo 2010.
- [4] A. ARANDA, I. ZABALA, S. DIAZ Y E. LLERA, *“Eficiencia Energética en Instalaciones y Equipamiento de Edificios”*, Prensas Universitarias de Zaragoza, 2010.
- [5] CIEEPI – MEER. *“Manual de Eficiencia Energética en Edificios Públicos”*, Ecuador, 2008.
- [6] CODIGO ELECTRICO NACIONAL, *“Niveles de iluminación”* Ley N° 92-319.
- [7] EC. RUTH QUITO, ING. SALOMON, *“Seminario de Project Managment módulo 1: Diseño y evaluación Económica de Proyectos”*. EPN – FEPON, Quito, Septiembre 2008.
- [8] OFICINA CATALANA DEL CANVI CLIMATIC, *“Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)”*. Marzo 2012
- [9] E.E.Q.S.A. *“Pliego tarifario”*. Quito - Ecuador, 2011
- [10] COMISION EUROPEA DEL AMBIENTE, *“Huella de carbono en el CEACV”*. Junio 2009
- [11] ALBERT THRUMAN, *“Efficient Electrical System Design Handbook”*, Press 2008

- [12] F.J.REY, E.VELASCO. *"Eficiencia Energética en Edificios – Certificación y Auditorías Energéticas"*, Universidad de Valladolid.
- [13] SUBSECRETARÍA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ENERGÍAS RENOVABLES. MEER, *"Plan de Eficiencia Energética en el Ecuador"*. Noviembre, 2010.
- [14] MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS REPÚBLICA DEL ECUADOR, *"Aprendamos a usar racionalmente la Energía"*. Abril 2011
- [15] UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA JOSE SIMEON CAÑAS, *"Técnicas para a mitigación de armónicas y de compensación del factor de potencia en sistemas e potencia, caso práctico CORINCA"*. Mayo 2009
- [16] JOSE M. DE LA CRUZ GOMEZ, ALBERTO DE LA CRUZ HIDALGO, *"Eficiencia Energética en las instalaciones de iluminación"*. Experiencia Ediciones 2008
- [17] JOSE SANCHO GARCIA, RAFAEL MIRO ITERREO, *"Gestión de la Energía"*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia, Servicio de Publicación, 2006

PAGINAS WEB

- [1] <http://www.iesna.org/>
- [2] <http://www.cooperlighting.com>
- [3] <http://www.efficiency-from-germany.info>
- [4] <http://www.renewables-made-germany.com>
- [5] <http://www.fluke.com>
- [6] <http://www.balastros.net>
- [7] <http://www.sylvania.com>
- [8] <http://www.eeq.com.ec>
- [9] <http://www.conelec.org.ec/>
- [10] <http://www.sylvania.com>
- [11] <http://www.osram.com>
- [12] <http://www.philips.com>
- [13] <http://www.greenconcept.com>
- [14] <http://boshecuador.com>
- [15] <http://www.lahaciendaverde.webs.com>
- [16] <http://www.conEdisson.com>
- [17] <http://www.la onda verde de NR CDC.org/>
- [18] <http://www.americas.sgs>
- [19] <http://www20.gencat/docs/canviclimatic>
- [20] <http://www.magrama.gob.es/es/ceneam>
- [21] <http://www.aeselsalvador.com>
- [22] <http://www.danfoss.com\spain>