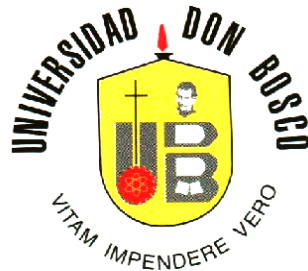


UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



TEMA

ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DEL COMPORTAMIENTO DE VARIABLES ELÉCTRICAS QUE INCIDEN EN LA FACTURACIÓN Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA (CITT).

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA**

PRESENTAN

**PAMELA VARGAS DUBÓN
CARLOS ALBERTO CASTILLO ORTEGA**

ASESOR

HÉCTOR ROMERO

AGOSTO 2007

SOYAPANGO - CIUDADELA DON BOSCO - EL SALVADOR

UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA

AUTORIDADES

ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA
RECTOR

PBRO. VICTOR BERMUDEZ YÁNEZ
VICE-RECTOR ACADÉMICO

LIC. MARIO OLMOS ARGUETA
SECRETARIO GENERAL

ING. ERNESTO GODOFREDO GIRÓN
DECANO FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD DON BOSCO

TRIBUNAL EXAMINADOR

ING. ERICK BLANCO
TUTOR

ING. HECTOR ROMERO
ASESOR

ING. CARLOS NÁJERA
JURADO 1

ING. RICARDO GONZÁLES
JURADO 2

ING. CARLOS LÓPEZ
JURADO 3

Introducción.

El estudio de consumo de energía es importante y de mucho interés hoy en día ya que el 80% de la energía que se genera en El Salvador es por medio de métodos de generación no renovables como lo son las plantas térmicas, provocando de esta manera un alto costo de la energía por el aumento del precio de los hidrocarburos. Este estudio muestra la importancia de ahorro de energía en las empresas en general, como a tener un conocimiento de la forma que la empresa está consumiendo energía y como esta afecta en el costo de su facturación.

Como modelo de este estudio se ha tomado las instalaciones del Centro de Investigaciones y Transferencia de Tecnología (CITT), En el cual se realizó por medio de un censo de cargas y por la medición de parámetros eléctricos en cada uno de sus edificios. Durante su desarrollo se aplicaron herramientas de software como lo es Lawbiev para crear un programa que en conjunto con el medidor H8400v se pudieran medir 9 variables y almacenar estos valores cada 10min, la siguiente herramienta importante empleada fue Excel el cual permitió el manejo de una cantidad significativa de datos obtenidos de las mediciones, por medio de ellos se presenta el porcentaje de impacto que tiene el CITT en energía respecto al recibo general de la Ciudadela Don Bosco y se propone algunas recomendaciones que no necesitan grandes inversiones para disminuir el consumo de energía del mismo.

CAPÍTULO I

I. ANTECEDENTES DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

1. Antecedentes.

1.1 Planteamiento del proyecto.

Desde el descubrimiento de la electricidad, el ser humano ha buscado la manera de explotar este recurso. La electricidad evolucionó la sociedad desde una economía agrícola tradicional hasta otra caracterizada por procesos de producción mecanizados para fabricar bienes a gran escala.

El Salvador no ha sido la excepción de incrementar cada vez más la demanda de energía eléctrica. La energía en El Salvador se genera de forma hidroeléctrica (fuerza producida por la caída del agua), térmica (base de combustibles fósiles) y geotérmica (vapor del subsuelo).

A medida que han transcurrido los años la energía hidroeléctrica y geotérmica no han suplido la demanda de consumo eléctrico a totalidad y se ha tenido que utilizar la energía térmica, esto ha hecho que la energía eléctrica en El Salvador tenga una tendencia hacia el alza de tarifa, ya que las nuevas políticas comerciales de la OPEP, Organización de Países Exportadores de Petróleo , junto con una economía mundial en proceso de inflación han dado origen al incremento de los costos de operación de las generadoras térmicas.

Como respuesta a esta situación el Centro de Investigaciones y Transferencia de Tecnología CITT ubicado dentro de las instalaciones de la Ciudadela Don Bosco, se ve en la necesidad de aprovechar eficientemente la energía eléctrica buscando métodos de ahorro energético que disminuyan los altos costos que esta teniendo la facturación de energía eléctrica.

1.2 Situación actual del consumo de carga del CITT

En los últimos años la Ciudadela Don Bosco ha sufrido incrementos de consumo de energía eléctrica, esto ha venido repercutir en el aumento de los costos de sus operaciones, los cuales se ven reflejados en la facturación del mismo, siendo este un problema que afecta el presupuesto de la Universidad.

En el periodo de abril de 1999 a marzo de 2000 la Ciudadela Don Bosco presentó una demanda de arrastre mucho mayor que la demanda Real de consumo. Como se puede apreciar en la figura 1.1 del periodo de Septiembre de 1999 a Febrero de 2000 la capacidad de suministro fue de 360 kW a pesar de que la demanda real fue de promedio de 312 kW.¹ Ya que el medidor registra la potencia instantánea cada minuto, para al final de cada 15 minutos promediarlos y guardar este dato.

Este dato lo llevará guardado en memoria hasta que otro promedio de 15 minutos sea mayor y lo reemplace. Al final del mes este dato es registrado por la compañía distribuidora para proceder a la facturación.

Si la demanda de arrastre del mes actual es mayor a la más alta registrada en los meses pasados, esta será la nueva capacidad de suministro, y será cobrada por los próximos seis meses, a menos que otra mayor la reemplace y sea esa la nueva demanda de arrastre.

¹ Tomado de la Tesis “Estudio para el Uso Eficiente de la Energía Eléctrica en la Ciudadela Don Bosco”, septiembre 2000

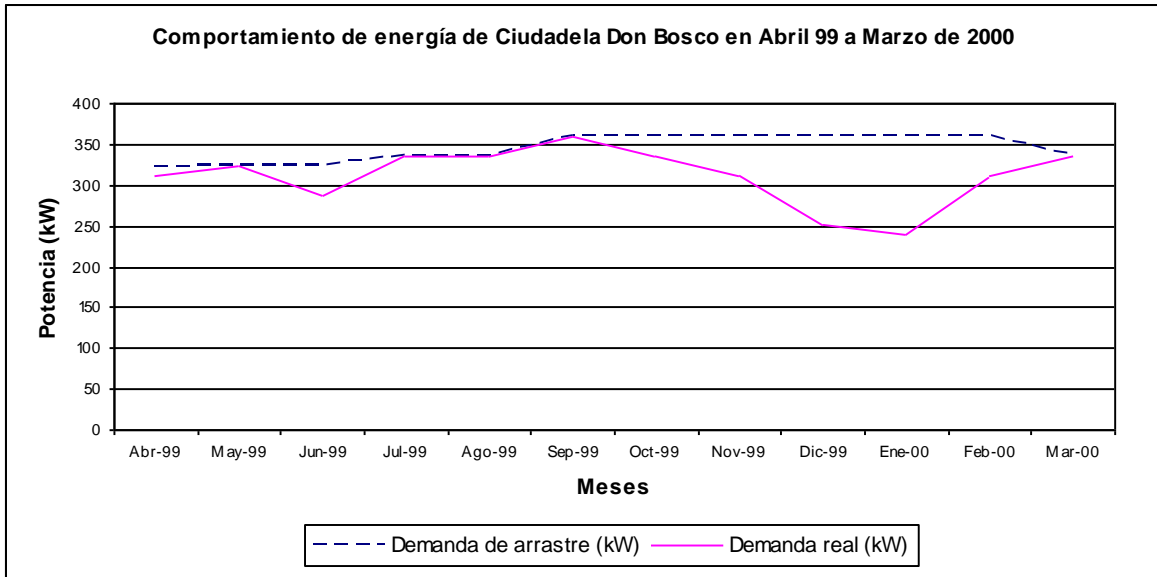


Figura 1.1 Demanda Real y de Arrastre de la Ciudadela Don Bosco en el año 1999

Por lo tanto, es importante para la Ciudadela Don Bosco lograr mantener una capacidad de suministro baja.

En la actualidad ha variado el comportamiento de la demanda eléctrica, la capacidad de suministro es mayor siendo este de 506 kW, el consumo real tiende a ser casi igual a esa capacidad de suministro como se observa en la figura 1.2, sobre todo en los meses de marzo, abril, mayo, septiembre y octubre, dentro de estos meses se ha inducido la energía utilizada para la construcción del gimnasio ubicado entre la Universidad Don Bosco y el Colegio Don Bosco. Sin embargo la diferencia entre la demanda y el consumo real representa un valor en dólares considerable como se puede ver en la tabla 1.1.

Consumo de Energía Eléctrica de Enero a Noviembre de 2006					
Mes	Consumo total de energía ² (kWh/mes)	Demanda de arrastre (kW)	Demanda Real (kW)	Excedente	
				Potencia (kW)	Valor monetario (\$/mes)
Enero	56430	484	286	198	\$958.30
Febrero	93940	484	407	77	\$372.67
Marzo ³	112750	440	440	0	\$0.00
Abril ²	120670	506	506	0	\$0.00
Mayo	98010	506	506	0	\$0.00
Junio	103290	506	429	77	\$372.67
Julio	113630	506	495	11	\$53.24
Agosto	110011	506	495	11	\$53.24
Septiembre	137698	506	506	0	\$0.00
Octubre	122782	506	506	0	\$0.00
Noviembre	101640	506	418	88	\$425.91
promedio	106441			Total	\$2,236.04

Tabla 1.1. Consumo de energía eléctrica de Enero a Noviembre de 2006⁴

La potencia excedente es la diferencia entre la potencia demandada o de arrastre y la potencia de consumo real, para el mes de enero la potencia de arrastre fue de 484 kW y su consumo real de 286 kW, por lo que la universidad para el mes de enero obtuvo una potencia excedente de 198 kW que ha sido la mas significativa en este año. La tarifa de uso de red se obtiene del pliego tarifario 2006 de CAESS S.A. DE C.V el cual es de \$4.8399 kW/mes⁵ para grandes Demandas, al multiplicar esta tarifa por la potencia excedente se obtiene el valor de \$958.30 dólares y para el periodo de enero a noviembre del presente año se ha llegado a un monto de \$2.236,04 dólares de pago de energía no consumida en la Ciudadela.

² Energías resto, punta y valle de acuerdo al tipo de tarifa que la Distribuidora eléctrica factura a la UDB

³ Consumo incluye la inducción de energía por construcción de un gimnasio.

⁴ Datos obtenidos por CAESS

⁵ Ver pliego tarifario en Anexo 1.1

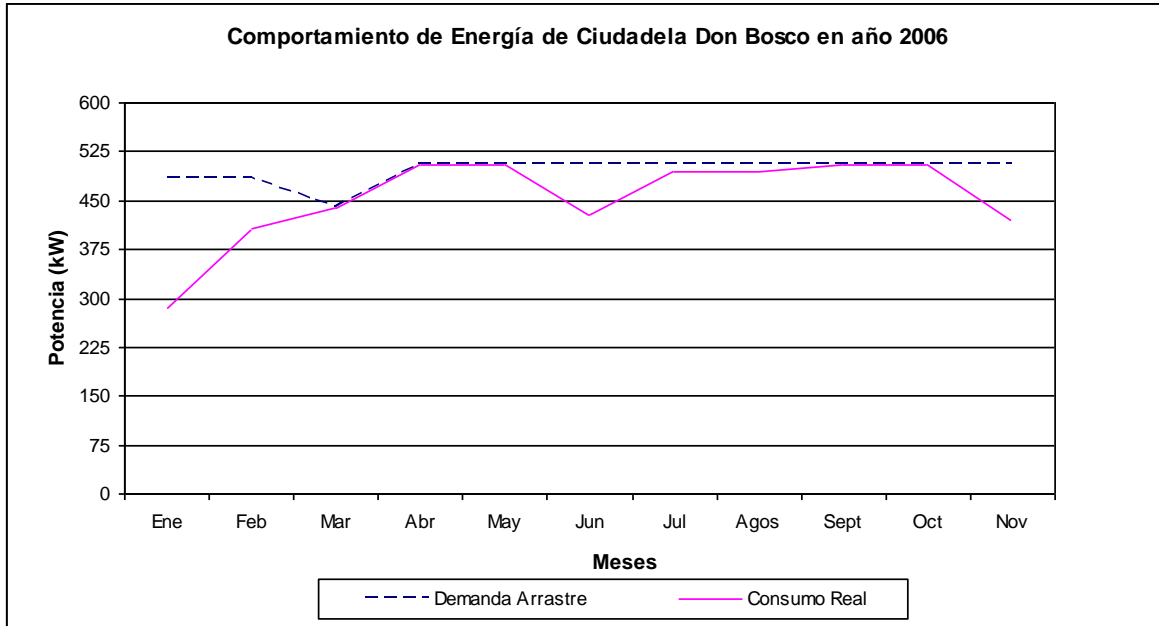


Figura 1.2. Demanda real y de arrastre de la Ciudadela Don Bosco en el año 2006.

1.3 Propuesta del proyecto

El presente trabajo de graduación, se origina como iniciativa de la Escuela de Ingeniería Eléctrica impulsando a estudiantes egresados de la carrera de Ingeniería Eléctrica, involucrándolos en un proyecto de interés para la Ciudadela Don Bosco. El proyecto consiste en un estudio de cargas de algunos edificios del CITT, los cuales forman parte de la Ciudadela Don Bosco, conociendo sus tipos de cargas (luminarias, aires acondicionados, entre otros), para establecer una base de datos confiable de las mediciones de las variables eléctricas, que servirán como base para la toma de decisiones en busca de implementar soluciones prácticas del uso eficiente de energía eléctrica.

Ante el comportamiento de las variaciones de consumo eléctrico de la Ciudadela Don Bosco, el proyecto a presentar se concentra en el sector donde las cargas son de mayor consumo eléctrico, es decir, el Centro de Investigaciones y Transferencia de Tecnología CITT, que en estudios previos se ha determinado

que representa la mayor demanda de energía con un 52%⁶, el cual, es un porcentaje considerable de consumo de energía eléctrica en la facturación de la Ciudadela. Los edificios considerados para el proyecto son específicamente los edificios 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

1.4 Importancia

Para el complejo socio-educativo Ciudadela Don Bosco es de vital importancia conocer en que forma son utilizados sus recursos, y uno de los rubros que más impacta en la Ciudadela es la energía eléctrica. Los consumos de energía pueden ser afectados de formas diferentes, ya sea con cargas inductivas que afectan el factor de potencia, activación simultánea de equipos de alta potencia, cargas activas en horas de mayor demanda.

El proyecto de graduación presentará el análisis de los factores eléctricos que influyen en el consumo de energía eléctrica del Centro de Investigaciones y Transferencia de Tecnologías (CITT), con el cual se determinará la contribución de este rubro en la facturación mensual de la Ciudadela Don Bosco.

1.5 Justificación

Con el desarrollo de este proyecto la Ciudadela Don Bosco podrán contar con una metodología de estudio de cargas que les permita utilizar eficientemente la energía que se consume actualmente, recomendando posibles ubicaciones de equipo y tiempos de operación. Al mismo tiempo proponer el uso de la mejor tecnología para monitoreo y análisis de los parámetros eléctricos, que nos lleve a un uso eficiente de la energía eléctrica.

⁶ Datos tomados Tesis “Estudio para el Uso Eficiente de la Energía Eléctrica en la Ciudadela Don Bosco”, septiembre 2000

1.6 Proyección social y desarrollo empresarial

El presente proyecto de Graduación se realizará en las instalaciones del CITT, pero que de igual forma puede realizarse en cualquier institución o empresa del sector industrial y comercial, brindando a éstas alternativas para hacer un uso eficiente de energía eléctrica, lo cual traerá un beneficios económicos al impactar en la disminución de sus costos de operación, dando como resultado la obtención de ventajas competitivas, al responder eficientemente a los cambios en la demanda de energía eléctrica.

Siendo así que las grandes, medianas y pequeña empresas, son parte fundamental de la economía del país, y si estas empresas son más eficientes en el manejo de sus recursos, tendrían mejores ganancias permitiendo así esparcirse y crear más empleos, También se logra beneficiar la red eléctrica del país liberándola de carga, lo cual servirá para que la energía llegue a muchos lugares que no la tienen. Por otro lado, al incentivar el uso eficiente de la energía eléctrica en las instituciones públicas como son: Hospitales, Escuelas, asilos y orfanatos, etc. traería beneficios económicos que pueden ser utilizados en la creación de más instituciones públicas y así prestar mejor servicio a la sociedad en general.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

- ✓ Realizar un análisis Técnico – Económico para determinar el consumo de energía eléctrica del Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología (CITT) y cuantificar el impacto en la facturación total de la Ciudadela Don Bosco.

1.7.2 Objetivos específicos

- ✓ Diseñar una base de datos en una hoja electrónica de Excel que indique el estado actual del consumo eléctrico en el CITT.
- ✓ Diseñar y presentar un documento para el usuario de la base de datos, indicando las formas de uso y las propiedades que contiene el programa que servirá para almacenar y analizar la información.
- ✓ Proporcionar recomendaciones y soluciones que conlleven al ahorro de energía en el CITT.
- ✓ Proponer formas de hacer uso eficiente de la energía eléctrica.
- ✓ Presentar una propuesta tecnológica y determinar su factibilidad para implementarlo en los edificios que demandan mayor carga energética.

1.8 Alcances

- ✓ Con el proyecto se pretende diseñar una base de datos que muestre los respectivos análisis de energía por cada edificio del Centro de Investigaciones y Transferencia de Tecnologías CITT.
- ✓ Presentar por medio del censo de cargas y el comportamiento de las variables eléctricas una serie de propuesta para mejorar el uso que se le da actualmente a la energía en el CITT.

1.9 Limitaciones

- ✓ El trabajo de graduación se realizará solamente en los edificios 2, 3, 4, 5, 6 ,7 y las 2 subestaciones del Centro de Investigaciones y Transferencia de Tecnología CITT, de la Universidad Don Bosco.
- ✓ Se contará con un solo equipo de medición⁷ para la realización de la toma de datos de los centros de carga de cada edificio.
- ✓ Acceso limitado a la información de la Ciudadela Don Bosco referente a este tema.
- ✓ La obtención de información sobre la facturación eléctrica tanto por la Universidad Don Bosco como por la compañía distribuidora.
- ✓ La carencia de un programa para el almacenamiento de las variables eléctricas tomadas con el visualizador.

1.10 Delimitaciones

- ✓ El desarrollo del estudio se realizará en las instalaciones del Centro de Investigaciones y Transferencia de Tecnología CITT, el cual brindará la información pertinente.
- ✓ Se trabajará con un historial de consumo y facturación de energía eléctrica de 12 meses de la Ciudadela Don Bosco.

⁷ Especificaciones técnicas de equipo de medición ver Anexo 3.1

1.11 Marco teórico

En el presente apartado se desarrollarán los temas relacionados a la evolución histórica, las teorías y conceptos referentes al tema de investigación, así como también los trabajos similares anteriormente realizados sobre el presente proyecto.

1.11.1 Marco histórico

Antecedentes de los estudios de cargas en la Ciudadela Don Bosco.

Los estudios encontrados de censo de carga que se han realizados en la Ciudadela Don Bosco han sido 2, los cuales fueron realizados por alumnos egresados de Ingeniería Eléctrica como trabajos de graduación para optar al grado de Ingenieros Electricista.

El primer registro de censo de carga encontrado es la Tesis “Estudio para el Uso Eficiente de la Energía Eléctrica en la Ciudadela Don Bosco” Septiembre de 2000, el cual consistió en la elaboración de un censo de carga e identificación de las cargas críticas dentro de la Ciudadela.

Como puntos relevantes del primer estudio y como apoyo al presente trabajo se tiene que el comportamiento de energía de la Ciudadela presentaba una demanda de arrastre mucho mayor que la demanda real de consumo. Como se puede apreciar en la tabla 1.2 del periodo de Septiembre de 1999 a Febrero de 2000 la capacidad de suministro fue de 360 kW a pesar de que la demanda real fue de promedio de 312 kW.

En dicho año la tarifa fue de ¢35.36 que equivale a \$4.04114 por kW/mes, por lo que en los meses de diciembre de 99 y enero de 2000 fueron los que

presentaron mayor potencia excedente el cual la Ciudadela pagó alrededor de \$436.44 y \$484.94 respectivamente, de potencia no utilizada.

Consumo de Energía Eléctrica en Ciudadela Don Bosco de Abril-1999 a Marzo -2000					
Mes	Consumo total de energía (kWh/mes)	Demanda de arrastre (kW)	Demanda real (kW)	Excedente	
				Potencia (kW)	Valor monetario (\$)/mes
Abr-99	71040	320	312	8	\$32,33
May-99	76680	324	324	0	\$0,00
Jun-99	73680	324	288	36	\$145,48
Jul-99	84120	336	336	0	\$0,00
Ago-99	71760	336	336	0	\$0,00
Sep-99	91200	360	360	0	\$0,00
Oct-99	96600	360	336	24	\$96,99
Nov-99	72120	360	312	48	\$193,97
Dic-99	71400	360	252	108	\$436,44
Ene-00	70920	360	240	120	\$484,94
Feb-00	83760	360	312	48	\$193,97
Mar-00	95640	336	336	0	\$0,00
Promedio	79910			Total	\$1.584,13

Tabla 1.2. Consumo de energía eléctrica de Abril-99 a Marzo de 2000⁸

En la tabla 1.3 se encuentra un resumen del consumo de energía de las instituciones que conforman la Ciudadela Don Bosco.

INSTITUCION	KWH/MES	%
CITT	77039,34	52,31
UNIVERSIDAD DON BOSCO	21650,32	14,70
COLEGIO DON BOSCO	17285,55	11,74
CFP	23877,58	16,21
ILUMINACION EXTERIOR	2682,00	1,82
CAFETERIAS	4726,63	3,21
TOTAL	147261,43	100,00

Tabla 1.3. Resumen del consumo de energía por institución en Ciudadela Don Bosco⁹

⁸ Datos tomados Tesis “Estudio para el Uso Eficiente de la Energía Eléctrica en la Ciudadela Don Bosco”, septiembre 2000

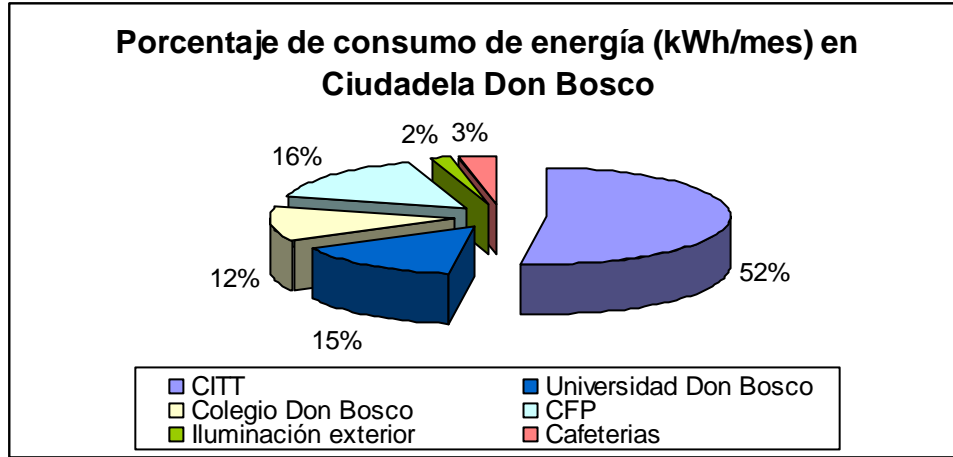


Figura 3. Gráfico porcentual de las demandas de cada institución de la Ciudadela

En el año 2000, se determinó que el 52% de la demanda de la Ciudadela lo abarca el Centro de Investigaciones y Transferencia de Tecnología CITT.

El segundo censo de carga fue realizado en el año 2006, con la Tesis “Diseño y Propuesta de Un Sistema Inteligente de Generación de Energía Eléctrica por Medio de Módulos Fotovoltaicos con Capacidad de Conexión en Paralelo al Circuito alimentador para ser Aplicado en el Edificio EX-SUM de la Universidad Don Bosco”. Pero que su estudio se basó en un solo edificio, con el fin de disminuir los picos de altas demandas del mismo por medio de un sistema de generación fotovoltaica.

⁹ Datos obtenidos de Tesis “Estudio para el Uso Eficiente de la Energía Eléctrica en la Ciudadela Don Bosco”, septiembre 2000

CAPÍTULO II

**II. DESCRIPCIÓN Y CARGA INSTALADA DE LOS
EDIFICIOS DEL CITT.**

2.1 Generalidades de descripción de los edificios.

Para el análisis del censo de carga de los edificios del CITT, es de suma importancia conocer los tipos de cargas que estos poseen como también sus capacidades, para estimar el consumo de energía que estos demandan y poder presentar un mejor análisis, de la incidencia que estos tienen en la facturación del CITT, por lo tanto se realiza una descripción y una tabulación de carga instalada por edificio.

El Centro de Investigaciones y Transferencia de Tecnología (CITT) consta de un solo punto de entrega proveniente de la empresa Distribuidora de Electricidad CAESS, cuyo punto se encuentra ubicado entre el Colegio Don Bosco y la Universidad Don Bosco. Sobre la Calle a Plan del Pino, Km 1 ½ Soyapango.

La estructura del punto de entrega, es un doble remate la cual posee tres pararrayos y tres cortacircuitos y un juego de transformadores de corriente y voltaje los cuales son utilizados para la medición programada la cual se realiza por un medidor electrónico¹ marca SIEMENS el cual se identifica con el número 95079609.



Figura. 2.1. Punto de Entrega.

¹ Ver anexo 2.1

El punto de entrega está formada por medio de una línea trifásica a 23 kV línea a línea, que se ramifica posteriormente en dos circuitos eléctricos², uno de ellos para alimentar eléctricamente la subestación #1 la cual tiene una potencia instalada de 501kVA formada por tres transformadores de 167 kVA, entregando un voltaje secundario de 220 V línea a línea, la configuración eléctrica que muestra esta subestación es estrella-estrella. El otro circuito alimenta la subestación #2 el cual tiene iguales características de la subestación #1.³

La distribución eléctrica interna del CITT se distribuye de la siguiente forma:

- ✓ Subestación #1: Esta alimenta tres de los seis edificios del CITT, estos son:
 - Edificio #2 el cual comprende el área administrativa, radio, televisión y conferencias.
 - Edificio #3 este comprende talleres relacionados a circuitos y redes de telecomunicaciones.
 - Edificio 4 que contempla talleres de Máquinas eléctricas, Sistemas de potencia, construcciones eléctricas y laboratorios de ciencias básicas.
 - También alimenta la iluminación exterior del CITT.



Figura 2.2. Diagrama unifilar de la Subestación #1.

² Ver anexo 2.2

³ Ver anexo 2.3

✓ Subestación #2: Esta alimenta los edificios restantes del CITT, los cuales son:

- Edificio #5 el cual comprende el área empresarial y de capacitación de la UDB.
- Edificio #6 comprende los laboratorios de mecánica e informática.
- Edificio #7 este con excepción de los demás es alimentado por dicha subestación y por una subestación monofásica aérea de 100 KVA ⁴.

Esta subestación cuenta con una planta de emergencia de 205 kW la cual sirve como respaldo para algunas cargas de estos edificios, la planta se encuentra conectada en paralelo con la línea.



Figura 2.3. Diagrama unifilar de Subestación # 2.

2.2 Descripción de la metodología del censo de carga.

El censo de carga realizado, consistió en un recorrido en cada una de las instalaciones de los edificios, para identificar las cargas que causan el mayor consumo de energía. Los edificios poseen diferentes tipos de cargas de acuerdo a las diferentes actividades que se realizan en cada uno de ellos, algunos de los tipos de cargas relacionadas a las actividades de laboratorio no fueron consideradas por su frecuencia de uso, ya que algunas de estas se utilizan una o dos horas a la semana, y otras se utilizan una o dos veces en los seis meses que dura el ciclo de estudio.

⁴ Ver anexo 2.3

Para realizar un censo mucho más veraz las cargas que han sido consideradas son aquellas que tienen un uso continuo o frecuente las cuales aportan en gran medida al consumo de energía, estas son:

- ✓ Luminarias: Las cuales permanecen encendidas en la mayor parte del día y la noche.
- ✓ Aires Acondicionados: son cargas que demandan una mayor potencia, se encuentran en una cantidad considerable en un mismo edificio, y permanecen encendidos varias horas al día.
- ✓ Computadoras: ya que éstas son de uso continuo por los trabajadores, prácticamente todo el día permanecen encendidas, las computadoras del centro de computo y academia CISCO son de uso más frecuente por los estudiantes.
- ✓ Maquinaria Industrial: Este grupo de cargas específicamente solo se considero en el edificio de mecánica el cual tiene una cantidad de tornos y fresadoras considerables los cuales demandan una gran cantidad de energía para su funcionamiento.
- ✓ Otros: dentro de ella se encuentran comprendidas las cargas como microondas, oasis, hornos, ventiladores las cuales son de uso diario en lapsos cortos, pero que por ser elementos que proporcionan calor, su demanda de energía es considerable.

Los censos se obtuvieron tomando el valor de potencia activa de placa de cada elemento antes mencionado. Luego se realizó un estudio de las horas que estos elementos eran utilizados, es decir la frecuencia de uso, y se multiplicó la potencia de cada uno de los elementos con el uso diario de los mismos, y se aplicó un

factor de uso a dicha multiplicación de 0.7 para encontrar la energía que estos demandan al mes.

2.3 Edificio #2 Comunicaciones

En el edificio de Comunicaciones se encuentran ubicadas las oficinas principales del Centro de Investigaciones CITT y también se imparten los laboratorios orientados a las carreras de Comunicaciones. De la Subestación #1 se ramifican dos acometidas que se dirige al edificio #2, las cuales alimentan eléctricamente a 2 tableros principales que alimentan el edificio en general ⁵, ambos tableros se encuentran ubicados en el pasillo principal de la planta baja.

EDIFICIO DE COMUNICACIONES			
Tableros	Planta Baja	# de circuitos	Fases
1	Main 2	12 circuitos	7-3Ø, 3-1Ø (220 V) y 2-1Ø (110 V)
2	Main 1	22 circuitos	21-1Ø (110 V) y 1-3Ø
Tableros	Planta Alta	# de circuitos	Fases
1	Pasillo ppal.	7 circuitos	3-1Ø (220 V) y 4-1Ø (110 V)

Tabla 2.1 Número de circuitos por tablero ⁶.

El edificio de comunicaciones posee cargas eléctricas de diferentes tipos como: aires acondicionados, luminarias, computadoras, entre otros. A continuación se presenta un cuadro resumen de las cargas considerables que posee este edificio.

⁵ Ver anexo 2.4

⁶ Ver anexo 2.5

Lista de cargas	Cantidad	Potencia unitaria (W)	Potencia total (kW)	Horas de uso Diarias	Horas de uso mensual	Consumo mensual (kWh)
Luminarias 4x32w (+ balastro)	51	196	10,00	6	132	791,68
Luminarias 4x40w (+balastro)	8	228	1,82	6	132	144,46
Computadoras	41	200	8,20	2	44	360,80
Aire Acondicionado trifásico 220 V/17.2 A	3	3784	11,35	3	66	749,23
Aire Acondicionado trifásico 220 V/39.3 A	1	8646	8,65	3	66	570,64
Aire Acondicionado trifásico 220 V/40 A	3	8800	26,40	3	66	1742,40
Aire Acondicionado 220V /15.7 A	3	3454	10,36	3	66	683,89
Monitores referencia cámara	3	28	0,08	1	22	1,85
Horno	1	1500	1,50	0,15	3,3	4,95
Microonda	1	1050	1,05	0,3	6,6	6,93
Cafetera	1	1025	1,03	0,5	11	11,28
Oasis	1	300	0,30	16	352	105,60
Consumo Total mensual						5173,71

Tabla 2.2 Consumo de energía en el Edificio.

El edificio de Comunicaciones consume una energía mensual de 5173.71 kWh que se reparte de la siguiente manera el 18% de la energía consumida es por iluminación, los aires acondicionados un 73%, las computadoras y otras cargas 7% y 2% respectivamente.

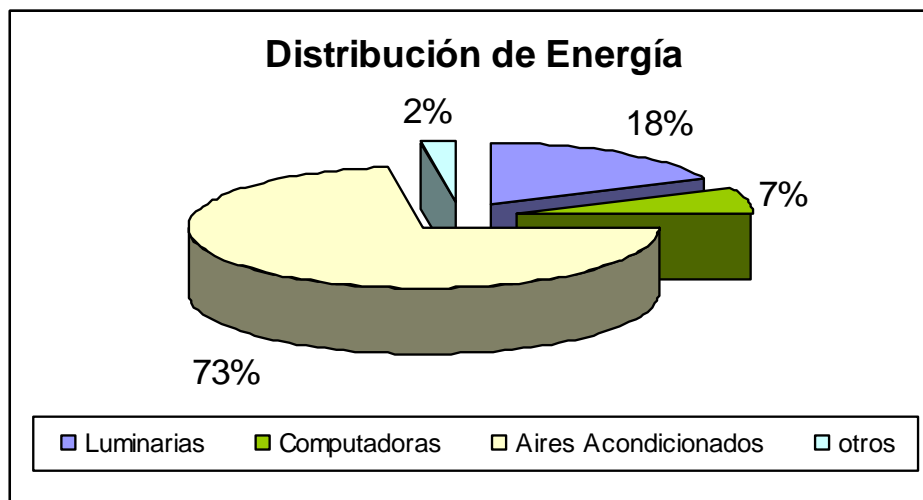


Figura 2.4 Porcentaje Distribución de energía del Edificio #2.

2.4 Edificio #3 Electrónica.

En el edificio de electrónica se encuentran ubicados los laboratorios orientados a las carreras de electrónica, biomédica, medio ambiente, diseño gráfico y telecomunicaciones. El edificio contiene cuatro acometidas principales provenientes de la subestación #1 ⁷, las cuales alimentan tres tableros ubicados en la planta baja (pasillo principal) del edificio y un cuarto tablero en la planta alta, los circuitos de estos se detallan en la tabla siguiente.

EDIFICIO DE ELECTRONICA			
Tableros	Planta Baja	# de circuitos	Fases
1	Main 1	13 Circuitos	13 - 1Ø (110V)
2	Main 2	9 Circuitos	9 - 3Ø
3	Main 3	6 Circuitos	2 - 3Ø y 4 - 1Ø (220V)
4	8.7.125	4 Circuitos	1 - 3Ø (Main) y 3 - 1Ø (110V)
5	Automatización	9 Circuitos	1 - 3Ø (Main) y 8 - 1Ø (110V)
Tableros	Planta Alta	# de circuitos	Fases
1	Main 4	14 Circuitos	14 - 1Ø (110V)
2	8.7.201	8 Circuitos	1 - 3Ø (Main), 1 - 1Ø (220V) y 6 - 1Ø (110V)
3	8.7.204	12 Circuitos	1 - 3Ø (Main), 1 - 1Ø (220V) y 10 - 1Ø (110V)
4	8.7.203	9 Circuitos	1 - 3Ø (Main), 4 - 1Ø (220V) y 4 - 1Ø (110V)
5	8.7.205	2 Circuitos	1 - 3Ø (Main) y 1 - 1Ø (110V)
6	8.7.205	2 Circuitos	1 - 3Ø (Main) y 1 - 1Ø (110V)

Tabla 2.3 Números de circuitos por tableros⁸.

En vista de la falta de señalización de los tableros, fue imposible determinar su distribución eléctrica interna.

El edificio se encuentra dividido en áreas con diferentes cargas eléctricas considerables, como lo son: aires acondicionados, luminarias, Computadoras, entre otros. A continuación se presenta un cuadro resumen de las cargas que posee el edificio.

⁷ Ver anexo 2.4

⁸ Ver anexo 2.6

Lista de cargas	Cantidad	Potencia unitaria (W)	Potencia total (kW)	Horas de uso Diario	Horas de uso mensual	Consumo mensual (kWh)
Luminarias 4x32w (+balastro)	94	196	18,424	8	176	1945,57
Luminaria 2x32w (+balastro)	4	98	0,392	8	176	41,40
Luminarias 4x40w (+balastro)	34	228	7,752	8	176	818,61
Computadoras	56	200	11,2	4	88	985,60
Aire Acondicionado trifásico 220 V/17.2 A	6	3784	22,704	2	44	998,98
Consumo Total mensual						4790,16

Tabla 2.4 Consumo de energía en el Edificio.

El edificio de electrónica consume una energía mensual de 4790.16 kWh, que se reparte de la siguiente manera: el 58% de la energía es consumida por las luminarias, el 21% por los aires acondicionados y el resto las computadoras con que cuenta el edificio.

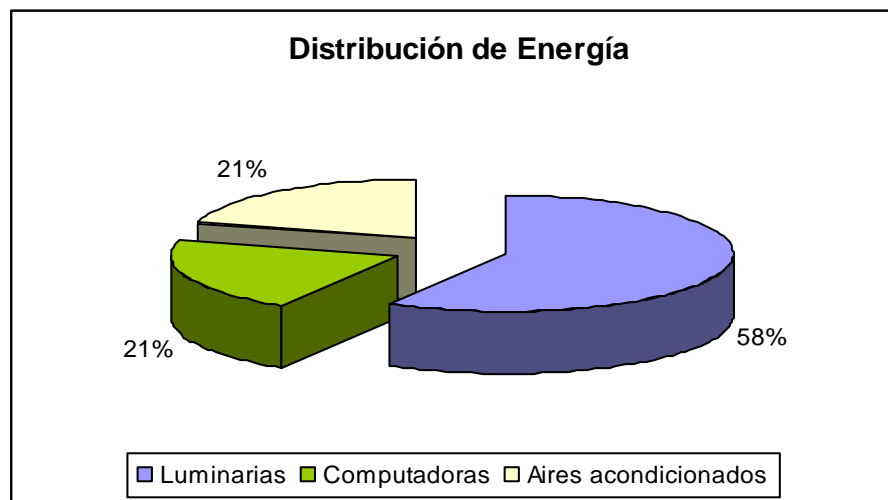


Figura 2.4 Porcentaje Distribución de energía del Edificio #3.

2.5 Edificio #4 Eléctrica.

En el edificio de eléctrica están ubicados los laboratorios orientados a las carreras de eléctrica principalmente, laboratorios de ciencias básicas y diseño gráfico. Las

líneas de alimentación del edificio proviene de la subestación #1 hacia los 2 tableros principales del mismo,⁹ la ubicación de los tableros es de la siguiente manera, uno de ellos se encuentra ubicado en la planta baja (pasillo principal) del edificio y el segundo en la planta alta, los circuitos de los tableros se detallan en la siguiente tabla.

EDIFICIO DE ELECTRICA			
TABLERO	Planta Baja	# de circuitos	Fases
1	8.6.123	5 circuitos	2 - 3Ø y 3 - 1Ø
2	8.6.124	11 circuitos	1 - 3Ø, 5 - 1Ø (220V) y 5 - 1Ø (110V)
3	8.6.126	7 circuitos	7 - 3Ø
4	8.6.127	4 circuitos	2 - 3Ø y 2 - 1Ø (110V)
5	Pasillo Ppal	13 circuitos	13 - 1Ø (110V)
6	Main 1	11 circuitos	8 - 3Ø y 3 - 1Ø (1-110V y 2-220V)
TABLERO	Planta Alta	# de circuitos	Fases
1	8.6.202	6 circuitos	2 - 3Ø y 4 - 1Ø (110V)
2	8.6.204	9 circuitos	9 - 1 Ø (6-110V y 3-220V)
3	Main 2	23 circuitos	23 - 1Ø (22-110V y 1-220V)

Tabla 2.5 Número de circuito por tablero¹⁰.

Los tableros del Edificio de Eléctrica presentan señalización de los circuitos por lo que se puede obtener un diagrama unifilar de las cargas que alimentan cada uno de ellos y la distribución en cada salón y cubículo.



Figura 2.4 Diagrama unifilar Tablero 1 Eléctrica.

⁹ Ver anexo 2.4

¹⁰ Ver anexo 2.7

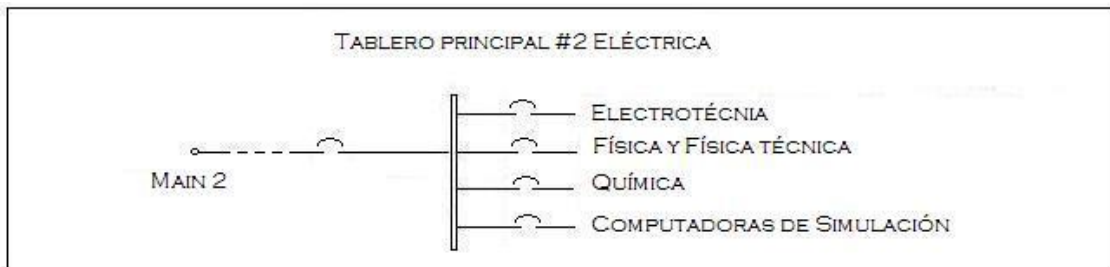


Figura 2.5 Diagrama unifilar Tablero 2 Eléctrica.

El edificio se encuentra dividido en diferentes áreas, que consta con diferentes cargas eléctricas: aires acondicionados, luminarias, computadoras, entre otros. A continuación se presenta un cuadro resumen de las cargas que posee el edificio.

Lista de cargas	Cantidad	Potencia unitaria (W)	Potencia total (kW)	Horas de uso Diario	Horas de uso mensual	Consumo mensual (kWh)
Luminarias 4x32w (+balastro)	123	196	24,11	8	176	2545,80
Luminarias 2x32w (+balastro)	2	98	0,196	8	176	20,70
Luminarias 2x40w (+balastro)	2	114	0,228	8	176	24,08
Computadoras	68	200	13,6	2	44	598,40
Aire Acondicionado trifásico 220 V/10.4 A	1	2288	2,29	4	88	201,34
Aire Acondicionado trifásico 220 V/16 A	1	3520	3,52	4	88	309,76
Microonda	1	1550	1,55	0,25	5,5	8,53
Ventiladores	10	40	0,4	3	66	26,40
Consumo Total mensual						3735,01

Tabla 2.6 Consumo de energía en el Edificio.

El edificio de eléctrica consume una energía mensual de 3735.01 kWh, que se reparte de la siguiente manera: el 69% de la energía es consumida por las luminarias, el 14% por los aires acondicionados, el 16% es por el consumo de las computadoras y un 1% otras cargas.

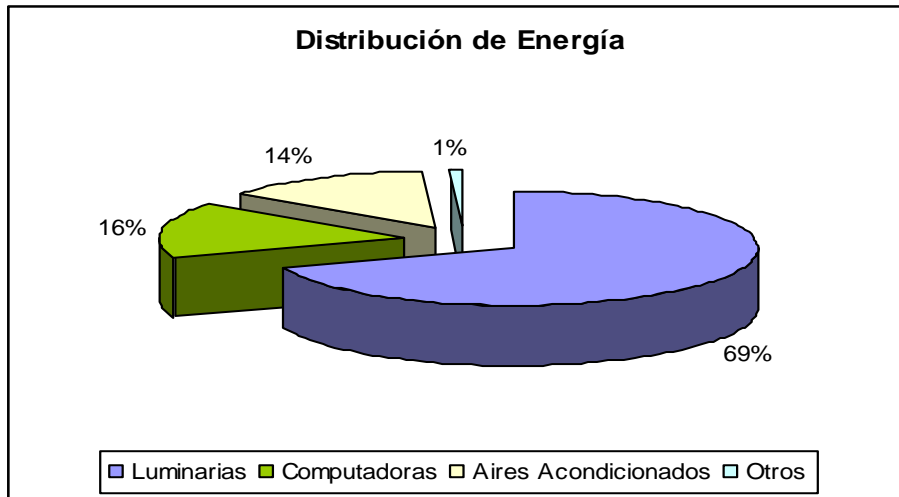


Figura 2.5 Porcentaje de Distribución de energía del Edificio #4.

2.6 Edificio #5 Metrología.

El edificio de Metrología se encuentra ubicado frente la subestación #2, dentro de sus instalaciones se imparte lo que son capacitaciones a las empresas en general, así como también se encuentra la academia CISCO, otra de las áreas del edificio es Metrología, que es el área que se encarga de calibrar los equipos e instrumentos de los laboratorios del CITT y equipos externos. De la Subestación #2 parten tres pares de conductores, tres de ellos de los transformadores de la subestación y los otros tres son los provenientes de la planta de emergencia, estos conductores vienen a alimentar el tablero principal del edificio, que se encuentra ubicado en el salón de volumetría, del cual se reparten a los demás sub-tableros distribuidos en las diferentes áreas del edificio.¹¹

Metrología tiene alrededor de seis tableros secundarios, a continuación se detalla la cantidad de circuitos de los tableros.

¹¹ Ver anexo 2.4

EDIFICIO DE METROLOGIA			
Tableros	Planta Baja	# de circuitos	Fases
1	8.5.115	18 circuitos	3-3Ø, 3-1Ø(220 V) y 12-1Ø(110 V)
2	8.5.115	9 circuitos	4-3Ø y 5-1Ø (220 V)
3	Pasillo ppal.	19 circuitos	18-1Ø (110 V) y 1-1Ø (220 V)
4	Pasillo ppal.	11 circuitos	10-1Ø (220 V) y 1-1Ø (110 V)
Tableros	Planta Alta	# de circuitos	Fases
1	Pasillo ppal.	21 circuitos	19-1Ø (110 V), 1-1Ø (220 V)
2	Pasillo ppal.	7 circuitos	6-1Ø (110 V) y 1-1Ø (220 V)

Tabla 2.7 Número de circuitos por tablero¹².

El edificio #5 posee una gran variedad de cargas de acuerdo a las áreas que comprende, en la siguiente tabla se presenta un resumen de las cargas considerables para el estudio de los edificios.

Lista de cargas	Cantidad	Potencia unitaria (W)	Potencia total (kW)	Horas de uso Diario	Horas de uso mensual	Consumo mensual (kWh)
Luminarias 4x32w (+balastro)	113	196	22,15	8	176	1559,22
Luminarias 4x40w (+balastro)	43	228	9,804	8	176	690,20
Computadoras	62	200	12,4	3	66	818,40
Aire acondicionado trifásicos 220V/14.2	4	3124	12,50	3	66	824,74
Aire acondicionado trifásicos 220V/10.4	4	2288,0	9,15	3	66	604,03
Aire acondicionado trifásico 220V/29.7	1	6534	6,53	3	66	431,24
Aire acondicionado monofásico 220V/10A	2	2200	4,4	3	66	290,40
Aire acondicionado monofásico 220V/16A	2	3520	7,04	3	66	464,64
Aire acondicionado monofásico 220V/5A	1	1100	1,1	3	66	72,60
Oasis	2	300	0,6	16	352	211,20
Cafetera	1	1025	1,025	0,5	11	11,28
Horno	1	1500	1,5	0,25	5,5	8,25
Consumo Total mensual						5986,20

Tabla 2.8 Consumo de energía en el edificio.

El edificio de metrología consume una energía mensual de 5986.20 kWh, que se reparte de la siguiente manera: el 38% de la energía es consumida por las

¹² Ver anexo 2.8

luminarias, el 44% por los aires acondicionados, el 14% es por el consumo de las computadoras y el 4% otras cargas.

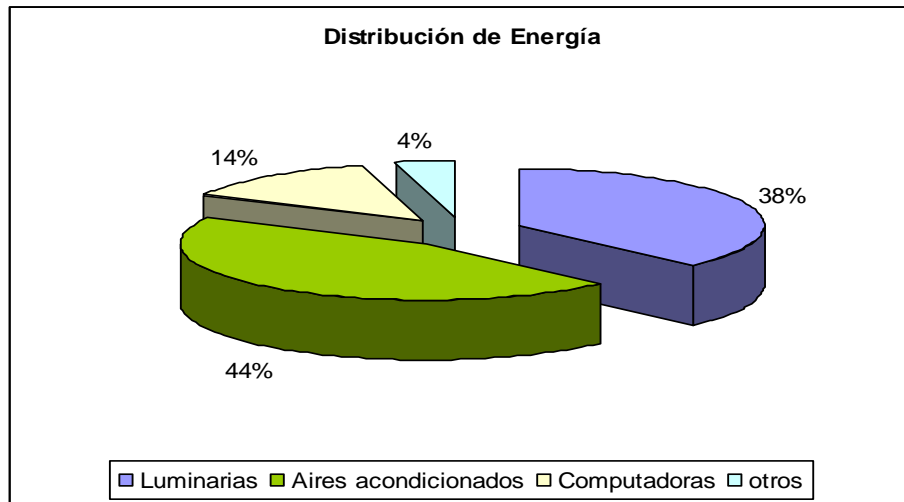


Figura 2.6 Porcentaje de Distribución de energía del Edificio #5.

2.7 Edificio #6 Mecánica e Informática.

En el edificio de Mecánica e Informática se encuentran ubicados lo que es el centro de computo, laboratorios de neumática e hidráulica y laboratorios de mecánica de precisión.

La alimentación del edificio es proveniente de la Subestación #2, donde de ellas se ramifican varios conductores a los diferentes tableros principales del mismo, dentro del área de mecánica de precisión se encuentran seis tableros y seis tableros en el área de informática¹³.

El área de mecánica esta comprendida por todo el equipo y maquinaria de tipo industrial, en ella se desarrolla proyectos y fabricación de piezas para maquinarias, el áreas de informática está comprendido por 8 salas de cómputo cada uno con sus respectivos aires acondicionados. Las cargas considerables del edificio se presentan en la siguiente tabla resumen.

¹³ Ver anexo 2.9

Lista de cargas	Cantidad	Potencia unitaria (W)	Potencia total (kW)	Horas de uso Diario	Horas de uso mensual	Consumo mensual (kWh)
Luminarias 4x32w (+balastro)	133	196	26,068	8	176	2752,78
Computadoras	197	200	39,4	8	176	4160,64
Aire Acondicionado trifásico 220 V/16 A	4	3520	14,08	8	176	1486,84
Aire Acondicionado trifásico 220 V/14.2 A	1	3124	3,124	8	176	329,89
Aire Acondicionado 220 V/28 A	3	6160	18,48	8	176	1951,48
Oasis	1	300	0,3	16	352	105,60
Cafeteras	2	1025	2,05	0,5	11	22,55
Horno	1	1500	1,5	0,25	5,5	8,25
Servidores	8	200	1,6	8	176	168,96
rectificador radial	1	3700	3,7	1	22	81,40
rectificador tangencial	1	14000	14	1	22	308
Taladro	2	90	0,18	1	22	3,96
Fresadoras	7	1310	9,17	4	88	806,96
Tornos	12	5500	66	4	88	5808
Esmeril	3	1014	3,042	1	22	66,92
Consumo Total mensual						18062,25

Tabla 2.9 Consumo de energía en el edificio.

El edificio de mecánica consume una energía mensual de 18062.25 kWh, que se reparte de la siguiente manera: el 38% de la energía es consumida por la maquinaria industrial, el 21% por los aires acondicionados, el 24% es por el consumo de las computadoras, las luminarias y otras cargas el 15% y 2% respectivamente.

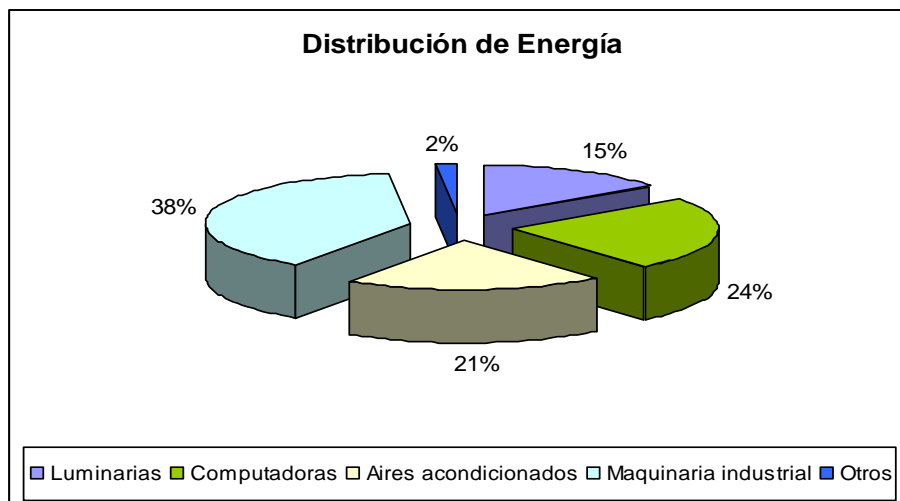


Figura 2.7 Porcentaje de Distribución de energía del Edificio #6.

2.8 Edificio #7 Soldadura.

El edificio #7 es el último y es el más pequeño de los edificios del CITT, en él se realizan específicamente las prácticas de soldaduras de los estudiantes de mecánica, y todo lo relacionado con trabajos de estructuras metálicas, El edificio no posee mucha maquinaria industrial, ni aires acondicionados.

El edificio #7 recibe alimentación de dos puntos, uno de la subestación aérea monofásica de 100kVA, el cual es exclusivamente para las seis mesas de soldaduras con las que cuenta el edificio para las prácticas de laboratorio, y el otro punto proviene de la subestación #2, el cual alimenta el tablero principal¹⁴, para energizar todas las áreas del edificio por medio de sub-tableros, como son luminarias, tomas, pulidoras, soldadores, entre otras.

La carga instalada del edificio se resume en la siguiente tabla:

Lista de cargas	Cantidad	Potencia unitaria (W)	Potencia total (kW)	Horas de uso Diario	Horas de uso mensual	Consumo mensual (kWh)
Luminarias 4x32w (+balastro)	22	196	4,312	8	176	455,35
Soldadores tipo 1	6	11000	66	1	22	1452,00
Soldadores tipo 2	2	9900	19,8	1	22	435,60
Extractores	4	2028	8,112	1	22	178,46
Consumo Total mensual						2521,41

Tabla 2.10 Consumo de energía en el edificio.

El edificio de soldadura consume una energía mensual de 2521.41 kWh, que se reparte de la siguiente manera: el 75% de la energía es consumida por los soldadores, el 18% por las luminarias y el 7% los extractores del edificio.

¹⁴ Ver anexo 2.10

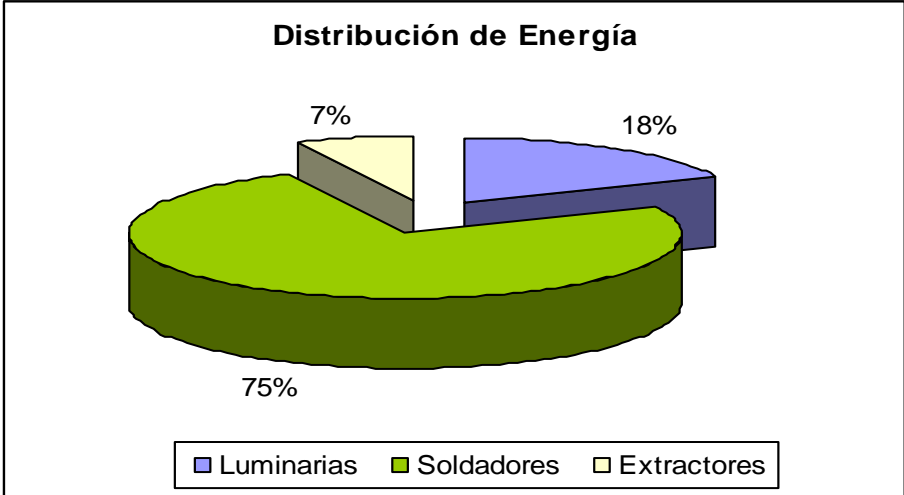


Figura 2.8 Porcentaje de Distribución de energía del Edificio #7.

CAPÍTULO III

III.EQUIPO DE MEDICIÓN Y BASE DE DATOS

3.1 Generalidades.

Para el estudio de censo y comportamiento de cargas eléctricas es necesario obtener mediciones del mismo, para ello es necesario contar con equipos de medición de voltaje, corriente, potencia y otros. En la actualidad se cuenta con equipos modernos de medición que permiten la obtención de diferentes parámetros eléctricos de una sola vez, los cuales son conocidos como analizadores de redes.

En el estudio de facturación energética de edificios y empresas, la cantidad de datos o variables a manejar es considerablemente grande, por lo que es muy difícil, analizar cada uno de ellos sin la ayuda de una herramienta computacional, como lo son las herramientas de office que son útiles para trabajar con base de datos, las herramientas más comunes son: Excel y ACES.

Para el análisis del presente trabajo se ha creado una base de datos con la ayuda de Excel, donde permite no solo almacenar toda la cantidad de datos obtenidos en las mediciones sino que se puede obtener gráficos y realizarse los respectivos cálculos.

3.2 Descripción del equipo de medición utilizado.

El equipo utilizado en el análisis de las variables eléctricas es un Visualizador de redes Hawkeye 8400V Series del grupo VERIS INDUSTRIES¹, el cual tiene la capacidad de medir más de 50 parámetros eléctricos, dentro de ellos podemos mencionar: voltajes de fase, voltajes de línea, Corrientes de Línea, FP, Energía entre otros.

¹ Ver anexo 3.1

Este equipo tiene la capacidad de analizar redes de diferentes configuraciones eléctricas. Entre las que se pueden analizar están²:

- ✓ 1 Fase línea a neutro, 2 cables 1 CT.
- ✓ 1 Fase línea a línea, 2 cables 1 CT.
- ✓ Conexión directa de voltaje 1 fase, 2 CT.
- ✓ 3 fases, 3 Cables, 3 CT.
- ✓ 3 fases, 4 Cables conexión estrella 3 CT.
- ✓ 3 fases, 3 Cables conexión Delta 3 CT, 2 PT.
- ✓ 3 fases, 4 Cables conexión estrella 3 CT, 2 PT.

La alimentación de este equipo se realiza a través de un voltaje 120/220 V. El voltaje máximo que este equipo puede censar son 600 VAC línea-línea, y la escala de transformación de corriente de 1A a 800 A.

El medidor de redes no consta de una memoria propia para almacenar los parámetros eléctricos, pero tiene la facilidad de ser compatible con la PC por medio de un software y una interfase.

3.2.1 Forma de uso del medidor:

- ✓ Para el funcionamiento del medidor, este debe estar alimentado a 120/220 Vac, y para la determinación de los parámetros eléctricos este toma muestras de voltaje y corriente, de la siguiente manera:
- ✓ Posee tres transformadores de corriente de relación 800:1 amperios que son colocados en cada una de las fases del tablero a medir, estas mandan un voltaje proporcional a la corriente que circula por los conductores de las fases.

² Ver anexo 3.2

- ✓ El medidor posee cuatro conductores, que son para conectar cada una de las fases y el neutro, para la toma de muestra de voltaje.
- ✓ Para que el medidor funcione adecuadamente es necesario configurarlo al sistema eléctrico al cual se va medir, ya sea monofásico, trifásico en estrella o en delta, o cualquiera de las configuraciones antes mencionadas.
- ✓ Se debe setear los valores para tener las medidas exactas, escoger el sistema de medición IEE o IEEE.

3.2.2 Descripción del software auxiliar para el equipo de medición.

El equipo visualizador de redes Hawkeye 8400V Series del grupo VERIS INDUSTRIES no tiene la capacidad de almacenamiento de mediciones incorporada dentro de si mismo, en vista de esto se ha tenido la necesidad de utilizar el Software de LabView el cual permite hacer programas compatibles con el medidor, ya que este lenguaje de programación es orientado a procesos industriales. Por medio del programa creado se logra capturar los parámetros eléctricos necesarios para el análisis y almacenarlos dentro de una hoja de cálculo en Excel.

A continuación se describen las diferentes etapas que conforma el programa que en conjunto con el equipo forma la herramienta de medición.

3.2.2.1 Etapa de captura de datos del medidor.

El medidor envía pulsos de voltaje por medio de tres cables hacia un convertidor de puerto serie, que comunica al medidor con la computadora, cada variable del medidor posee un modbus específico obtenido del

manual de uso³, por ejemplo: en el listado del manual se puede buscar el modbus para el factor de potencia promedio que es 006, ya en la programación solo se antepone el número 1.40 para darle el direccionamiento y luego el código. Los datos provenientes del modbus necesitan ser multiplicado por un factor para obtener el valor real, este factor se obtiene de los rangos de valores máximos y mínimos de los parámetros. En la figura 3.1 se presenta la codificación grafica para la realización de la captura de datos de FP promedio, voltaje de línea promedio, voltaje de fase promedio y la corriente promedio.

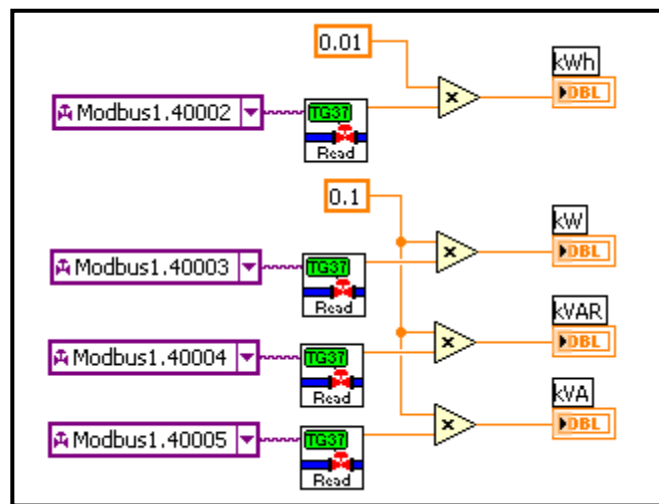


Figura 3.1 Código gráfico de captura de datos del programa en Labview.

Para tener un programa más completo, se puede implementar no solo la captura de datos sino que al mismo tiempo se puede mostrar los datos de forma gráfica, como para ver la tendencia de los mismos. La figura 3.2 representa la misma codificación de captura de datos y la multiplicación del factor para el valor real, con la diferencia que posee un visualizador gráfico para ver la tendencia de potencia.

³ Ver anexo 3.3

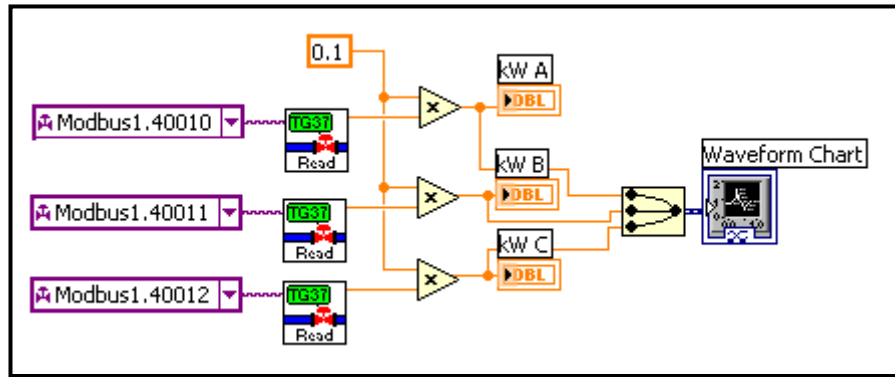


Figura 3.2 Código gráfico de obtención y graficación de datos.

3.2.2.2 Etapa de ordenamiento de los datos.

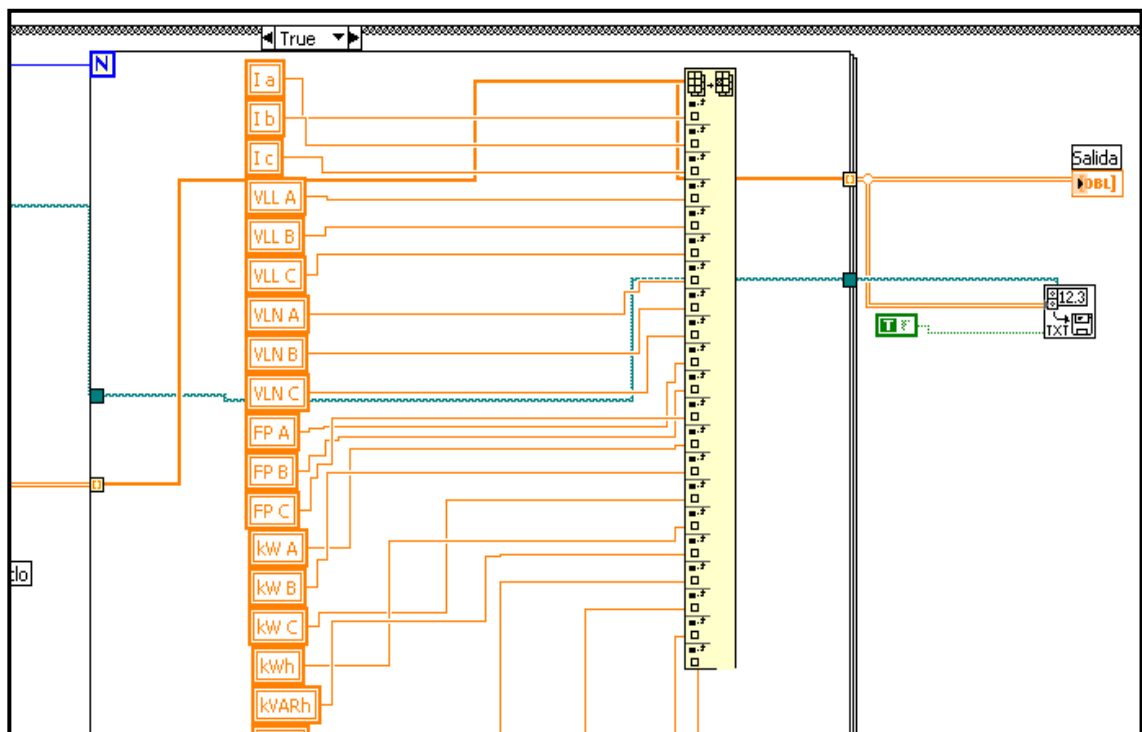


Figura 3.3 Código para ordenar los datos en forma de arreglo.

Para llegar al objetivo que es el almacenamiento de los datos, es necesario que los datos posean un orden, para evitar la pérdida de ellos. Por lo que se crea un lazo que se repite 21 veces, que son las veces según la cantidad de variables locales a tomar, el juego de variables pasa por un multiplexor, que procesa los datos en forma de arreglo,

especificando a cada variable una dirección en par ordenado para poder ser enviada a la dirección donde será guardada.

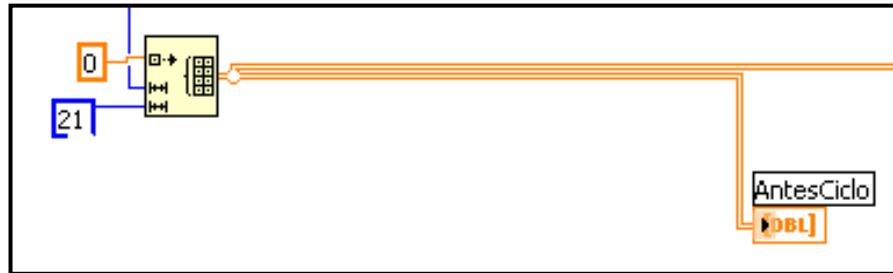


Figura 3.4 Designación de pares ordenados.

La figura 3.4 muestra el código que genera los pares ordenados que van dirigidos al multiplexor para los arreglos donde son depositados los valores de las variables.

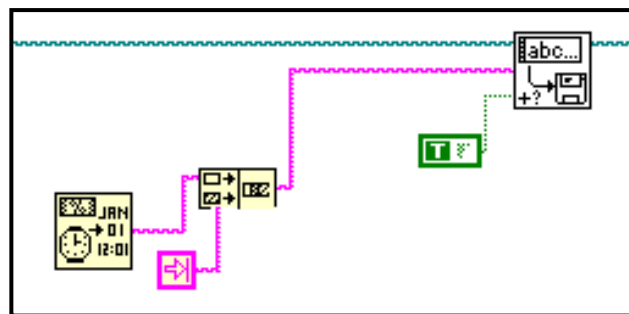


Figura 3.5 Toma de fecha y hora de los datos.

Como registro importante de los datos medidos, se requiere tener la fecha y la hora de cada intervalo de medición, por lo que se implemento dentro del programa de labview una etapa para crear la fecha y la hora en que ha sido tomado los datos del arreglo y se especifica la posición donde será colocada la misma.

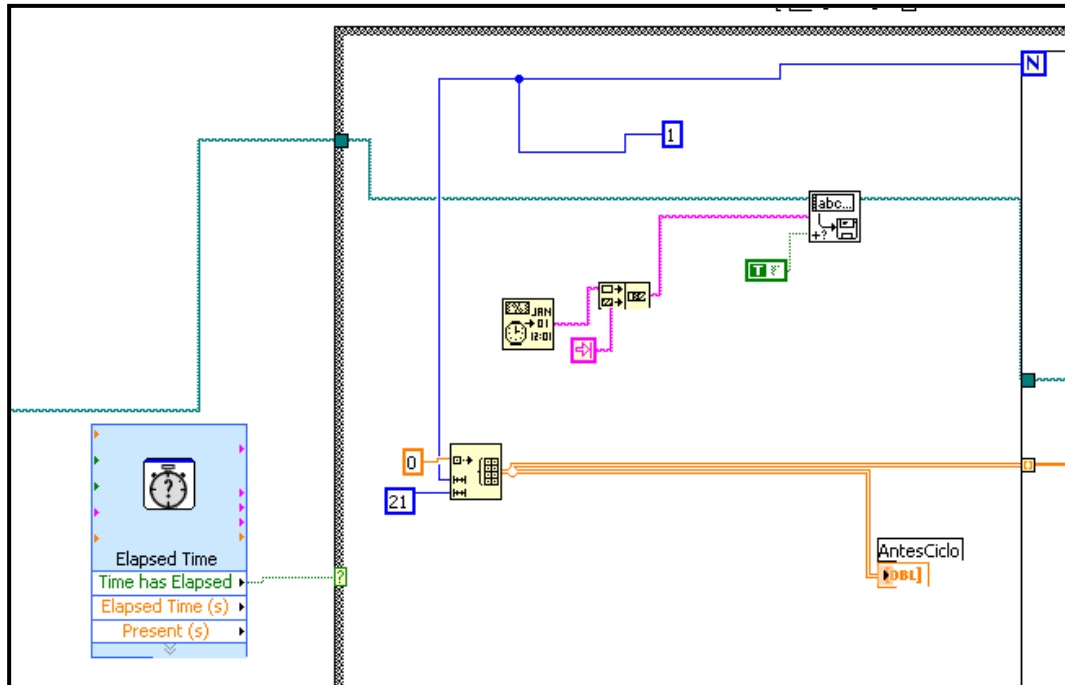


Figura 3.6 Lazo de repetición condicional.

En la figura 3.6 muestra un cuadro externo es un lazo condicional, que se ejecuta cada vez que se cumple la condición que es proporcionada por un cronometro, seteado a 600 segundos, esto hace que el grupo de las variables sean tomadas cada 10 minutos.

Para hacer un cambio en el seteo del cronómetro solo es necesario dar doble clic sobre el cronómetro y se desplegará una ventana en el cual se puede cambiar la cantidad de segundos del intervalo, es decir, se ajusta el tiempo de captura de las variables.

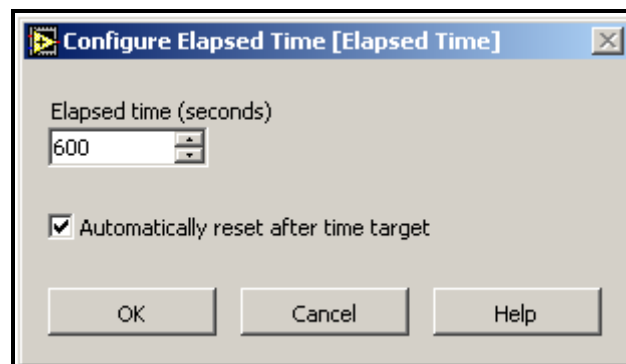


Figura 3.7 Ventana para seteo de cronómetro.

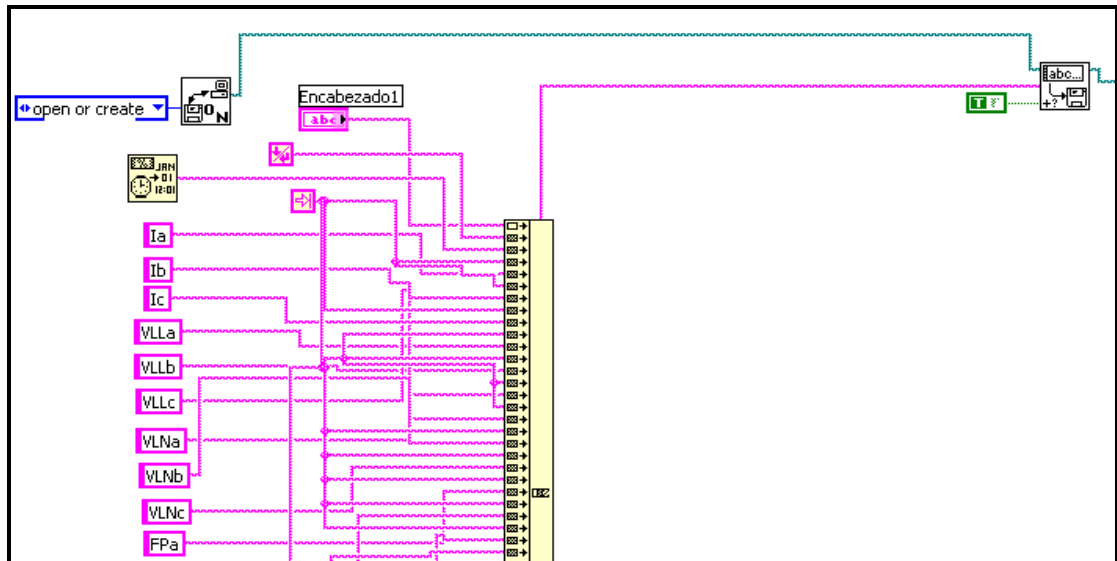


Figura 3.8 Creación del archivo de almacenamiento de datos.

En esta etapa, se nombra cada una de las columnas de las variables eléctricas y se le asigna su posición, que es al inicio de las tomas de datos. Al inicio de correr el programa se crea un archivo al cual se debe asignar un nombre para que sean guardados los datos.

3.3 Prueba de verificación de operación del equipo de medición.

Como parte de respaldo a las mediciones realizadas, se prosiguió a verificar la exactitud y veracidad de los datos medidos, en especial, al dato correspondiente del factor de potencia, comparándolos con otros equipos de medición.

Ya que el medidor utilizado puede censar una corriente mínima de 2 amperios, se colocó en una fuente trifásica una carga Inductiva, compuesta por un motor jaula de ardilla con un freno magnético para provocar una mayor corriente en la carga, en la cual se colocaron los medidores analógicos, medidores digitales y el visualizador de redes.

La carga del motor fue tal que demando 2 o más amperios, en ese punto se prosiguió a tomar los datos de voltaje, corriente y factor de potencia de los medidores, los cuales fueron:

Parámetros	Medidor análogo o digital	Medidor Hawkeye 8400V	Porcentaje de error
Voltaje	220 V	222 V	0.9 %
Corriente	2.09 A	2.12 A	1.4 %
Factor de Potencia	0.66	0.65	1.5 %

Tabla 3.1. Comparación de equipos de medición.

De esta manera podemos observar que el medidor utilizado para la captura de los datos posee una buena calibración, el cual puede ser confiable para la medición de las distintas variables eléctricas.

Como respaldo a la prueba realizada, estuvo presente en la prueba el Ingeniero Ricardo Gonzáles Jurado del trabajo de graduación quien comprobó la veracidad de las mediciones y el Ingeniero Héctor Romero Asesor del trabajo de graduación.

3.4 Base de datos de los edificios de estudio.

Para el presente trabajo es de vital importancia poseer una herramienta computacional, debido a la cantidad de información que será procesada, por lo que se construyó una base de datos en Excel, la cual permite el almacenamiento de información y análisis por medio de tablas, y a la vez proporciona las herramientas necesarias para la manipulación de los mismos. A continuación se describe el funcionamiento de cada una de las partes que posee la base de datos.

3.4.1 Menú.

La base de datos posee lo que es un menú principal, que es la vista de entrada del programa, contruidos con cuadros de control y codificación en macros, en esta parte del programa existen dos cajas de selección múltiple, la primera caja llamada Variables Eléctricas, en esta se puede seleccionar cualquiera de las sietes variables medidas que son: voltajes de fase, voltajes de línea, corrientes de fase, potencia real, potencia reactiva, factor de potencia y energía. La segunda caja de selección llamada Edificios CITT como su nombre lo dice, se pueden seleccionar cualquiera de los seis edificios en análisis.

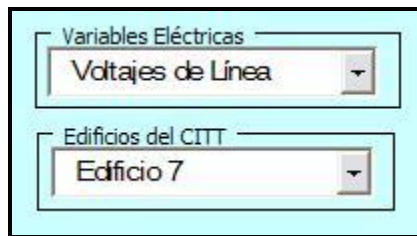


Figura 3.9 Cuadros de selección de la base de Datos

Las ventanas visualizadoras, describen el nombre del edificio seleccionado, la variable seleccionada y la energía consumida por el edificio en su periodo de medición.

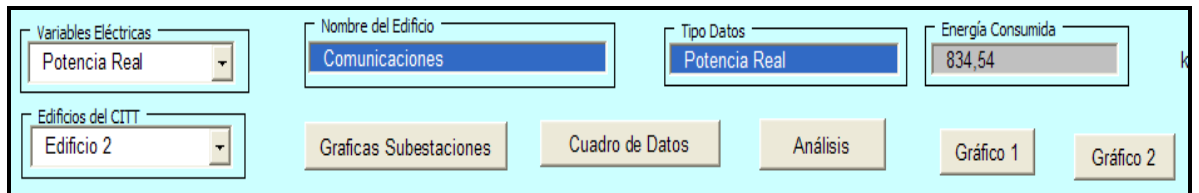


Figura 3.10 Visualizadores e iconos de la base de datos

Existen cinco iconos principales que permiten referirse a otras etapas de la base de datos, el icono Gráficas Subestaciones (fig. 3.9) permite desplazar a la hoja de Excel donde se encuentra los iconos de selección

para las subestaciones, más adelante se describirá esta etapa. El icono de cuadro de datos (fig. 3.9) despliega lo que es una ventana de selección alterna, en esta ventana se puede seleccionar los seis edificios o cualquiera de las subestaciones, dependiendo al edificio seleccionado ⁴, se traslada a la hoja donde están almacenados los datos medidos (fig. 3.10), el icono Análisis se despliega una ventana con un listado en el cual se puede escoger diferentes opciones de acuerdo a que tipo de análisis se desea hacer, ya sea porcentaje de carga, desbalance de corriente, energías, entre otras. Los iconos Gráfico 1 y Gráfico 2, son de ayuda para desplazarse rápidamente a las gráficas del menú principal.

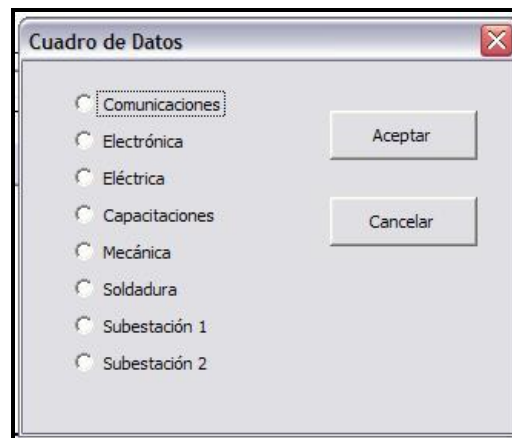


Figura 3.11 Ventana de movilización a los cuadros de datos de los edificios

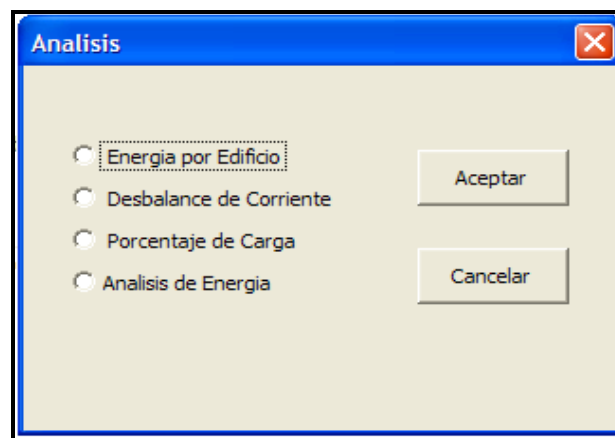


Figura 3.12 Ventana de movilización a las hojas de análisis de datos de los edificios

⁴ Ver anexo 3.4

Como las mediciones en los edificios fueron realizadas generalmente en dos tableros, de igual manera la base de datos se ha construido de forma que se trabajan los datos de los tableros por separado⁵, para la modificación de los gráficos se hace de la siguiente manera: de los cuadros de selección antes mencionados se escoge el parámetro que se desea graficar, y el edificio del cual desea obtener los datos. De acuerdo, a la selección escogida, la tabla auxiliar⁶ que se encuentra a un lado de los gráficos cambia, extrayendo los datos de la hoja del edificio seleccionado, escoge los parámetros especificados por cada una de las fases. La base de datos ha sido diseñada de manera que extrae los primeros mil datos del parámetro, al final de la tabla auxiliar determina el promedio y el valor máximo de cada fase de los tablero.

Los gráficos son gobernados por medio de la tabla auxiliar, por lo que todo lo que en ellos presenta varía de acuerdo a los parámetros escogidos del cuadro de selección, Si son de voltaje, corriente, potencia, energía y así sucesivamente, las energías que se muestran en las ventanas visualizadoras de cada gráfico corresponde a la energía registrada en el periodo de medición de cada tablero.

3.4.2 Graficas subestaciones.

Para mejor orden en la base de datos se grafica en una hoja aparte los parámetros de las subestaciones, esta etapa es similar a la del menú, donde posee cuadros de selección de las variables y tiene la opción de escoger cualquiera de las dos subestaciones. Posee ventanas visualizadoras, el icono de retorno al menú principal y el icono de cuadro de datos para desplazarse a las tablas de cada uno de los edificios.

⁵ Ver anexo 3.5

⁶ Ver anexo 3.6

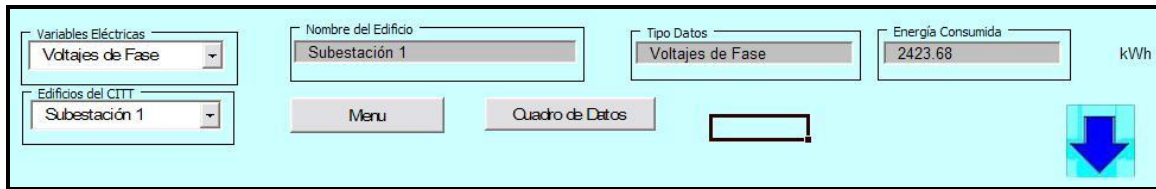


Figura 3.13 Opciones e iconos de gráficos de subestaciones

De igual manera posee una tabla auxiliar, donde son extraídos los datos de las subestaciones, el cual de ella se obtiene el gráfico, ya sea de voltajes, corrientes, potencia o energía.⁷

3.4.3 Energías por edificios.

En la presente etapa, se extrae la información de energía de cada una de las subestaciones y de los edificios, se compara en forma percentil el aporte de ambas subestaciones, y se compara de igual manera la demanda entre cada edificio.

Las energías presentadas son en base a los periodos de medición de seis días, el cual se extiende a un valor aproximado mensual.

Esta etapa como todas las demás, poseen los iconos de menú y Cuadros de Datos, que permiten el retorno al menú principal o la movilización a la información de los demás edificios.

⁷ Ver anexo 3.7

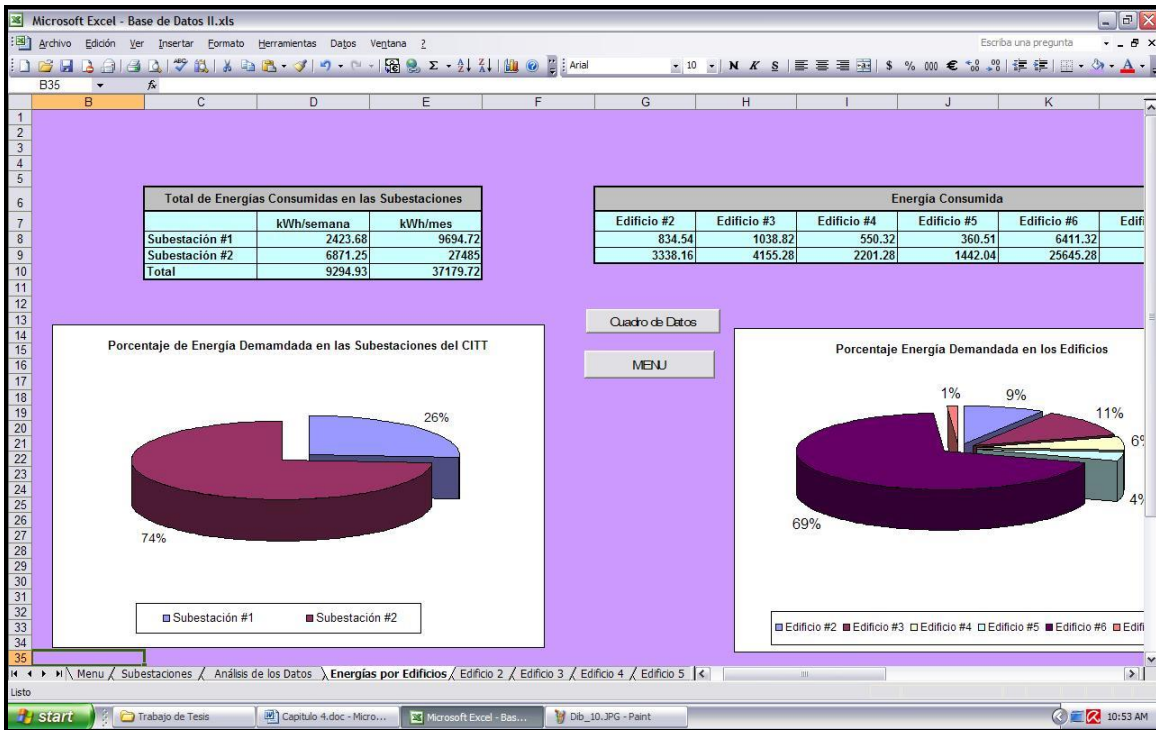


Figura 3.14 Ventana que muestra las energías de los edificios

3.4.4 Desbalance de corriente por edificio.

En esta parte de la base de datos, lo comprenden tres tablas, una de ellas es la tabla auxiliar que es donde dependiendo del edificio seleccionado, extrae los datos de la base de datos, las otras dos tablas son las que se encargan de obtener el desbalance de las corrientes, existen tres columnas por tablero para obtener el desbalance de acuerdo a las horas resto, punta y valle, y así determinar por medio de un conteo de celdas cuanto porcentaje de tiempo mantiene un desbalance superior o menor del 10%.

Tablero 1				
Hora	Desbalance	Resto	Punta	Valle
10:45	26%	26%		
10:55	18%	18%		
11:05	26%	26%		
11:15	13%	13%		
11:25	27%	27%		
11:36	19%	19%		
11:46	26%	26%		
11:56	13%	13%		
12:06	17%	17%		
12:16	19%	19%		
12:26	12%	12%		
12:36	28%	28%		
12:46	19%	19%		
12:56	20%	20%		
13:06	15%	15%		

Resto	
Menor 10%	111
Mayor 10%	239
Punta	
Menor 10%	138
Mayor 10%	39
Valle	
Menor 10%	468
Mayor 10%	3

Figura 3.15 Tabla de desbalance de carga de acuerdo horas valle, punta y resto

3.4.5 Porcentaje de carga.

La base de datos también posee una etapa donde se puede determinar el porcentaje de carga que posee cada edificio, en ella de igual forma presenta una tabla auxiliar, de la cual es extraído los datos de acuerdo al edificio seleccionado.

De la tabla auxiliar, tanto el tablero 1 y el tablero 2, determinan la potencia trifásica y el factor de potencia promedio para obtener la potencia aparente, y se puede determinar el porcentaje de carga por tablero y el edificio en general.

Tablero 1			
Hora	kW	FP	kVA
9:30	6.10	0.852	7.160
9:40	1.90	0.820	2.318
9:50	6.20	0.850	7.294
10:00	8.80	0.844	10.422
10:11	4.50	0.845	5.328
10:21	1.90	0.833	2.281
10:31	6.30	0.856	7.357
10:41	6.10	0.853	7.148
10:51	1.80	0.819	2.197
11:01	8.80	0.849	10.365
11:11	6.40	0.862	7.422
11:21	4.70	0.870	5.402
11:31	4.50	0.856	5.257
11:41	8.90	0.853	10.438
11:51	4.50	0.840	5.200

Tablero 1	
Potencia Aparente (kVA)	25.03
Porcentaje de Carga	5%

Tablero 2	
Potencia Aparente (kVA)	0.00
Porcentaje de Carga	0%

Total Edificio	
Potencia Aparente (kVA)	29.125
Porcentaje de Carga	6%

Figura 3.16 Tabla de porcentaje de carga por tablero y edificio en general.

3.4.6 Análisis de energía.

En esta área de la base de datos, se puede observar el consumo de energía eléctrica por edificio y por tablero, de acuerdo a las horas de la curva de típica de carga, es decir, podemos observar la energía consumida en las horas restos, horas valles y horas punta.

Edificios del CITT

Edificio 2

Cuadro de Datos

Menu

Tablero 1				
Hora	kWh	Resto	Punta	Valle
10:45	2.83	2.83		
10:55	3.73	3.73		
11:05	3.45	3.45		
11:15	3.47	3.47		
11:25	3.55	3.55		
11:36	3.44	3.44		
11:46	3.9	3.9		
11:56	3.06	3.06		

Horas	Energía (kWh)
Resto	475.96
Punta	227.23
Valle	9.21
Total	712.4

Figura 3.17 Tabla de Energía por edificio y tablero.

3.4.7 Tabla de datos de los edificios.

Son seis hojas de Excel de parámetros, una hoja específica por edificio, en las hojas se les ha asignado una columna por parámetro medido, la primera columna es para la fecha de captura del dato, la siguiente columna para la corriente de fase A, luego corriente de fase B y así sucesivamente,

Las seis hojas de tabla de datos son fijas, no posee una forma de autoalimentación de datos, sino que para introducir nuevos datos o para que sean variados de otras mediciones, deberán ser introducidos de forma manual, es decir, que del archivo en donde se grabaron las mediciones se copiarán los datos y se deberán colocar en las celdas especificadas a continuación.

Los cuadros han sido separados de acuerdo a los puntos medidos (tablero #1 y tablero #2), el rango de celdas para el tablero #1 está comprendido de la celda B1 a la celda W1000, el rango de las celdas para el tablero 2 está comprendido de la celda Z1 a la celda AU1000, el número de filas puede ser superior a las 1000, pero con la limitante que las etapas de graficación y análisis de los datos solo selecciona los primeros 1000 datos.

Para el buen funcionamiento de la base de datos se debe respetar los rangos de celdas antes especificados y respetando el orden de los parámetros, de lo contrario se tendería a obtener información equivocada.

Cada hoja posee los iconos de retorno al menú principal y el icono para poderse desplazar a otras tablas de datos de otros edificios.

CAPÍTULO IV

**IV. DESCRIPCIÓN DEL COMPORTAMIENTO
ELÉCTRICO EN LOS EDIFICIOS Y SUBESTACIONES
DEL CITT.**

4.1 Generalidades del comportamiento eléctrico.

En el estudio del análisis técnico-económico del comportamiento de variables eléctricas que Inciden en la facturación del CITT, se determinó tomar una muestra representativa de 6 días¹, la muestra con periodos de integración de 10 minutos de cada una de las variables eléctricas tales como: Voltaje, Corriente, Factor de Potencia, Energía, Potencia entre otros. Esto se realizó por cada Tablero Principal presente en cada uno de los edificios del CITT, excluyendo aquellos edificios que poseen más de 2 tableros principales.

Los Edificios del CITT medidos fueron: Edificio de Comunicaciones, Edificio de Eléctrica, Edificio de Metrología y Edificio de soldadura, como también se tomó muestras de las Subestaciones que alimentan los edificios en análisis, y la subestación monofásica aérea que alimenta el Edificio 7. En total el número de puntos de medición fueron 9, de los 6 edificios del CITT se excluyeron 2 edificios. Por esta razón se optó por medir las subestaciones antes mencionadas, y obtener el consumo total de los Edificios no medidos.

4.2 Edificio #2 Comunicaciones.

El edificio de Comunicaciones se sometió a mediciones en el periodo del 24 al 31 de Marzo del 2007 esto para el tablero 1, para el tablero 2 las mediciones se realizaron del 09 al 13 de Abril del 2007, siendo estos periodos representativos en el análisis de las variables. A continuación se presenta una descripción de los parámetros eléctricos de interés en el estudio del comportamiento eléctrico.

¹ Ya que el día domingo no hay cargas conectadas

4.2.1 Factor de potencia.

El comportamiento que presentó el factor de potencia del Edificio de Comunicaciones, fue muy variado como se observa en la muestra de las mediciones realizadas, tanto en el tablero 1 como en el tablero 2².

Para el tablero 1 el factor de potencia promedio de las tres fases obtuvo un máximo de 1 y un mínimo de 0.467 y su promedio fue de 0.829. En el tablero 2 el factor de potencia promedio fue de 0.908 con un máximo de 0.993 y un mínimo de 0.513. El valor de FP recomendable para evitar penalizaciones en la factura eléctrica para cargas mayores de 10 kW debe de ser como mínimo 0.9 de acuerdo al artículo N° 62 del National Electric Code NEC.³

Factor de Potencia	
Promedio	0,829
Máxima	1,000
Mínima	0,467

Tabla 4.1 FP tablero 1.

Factor de Potencia	
Promedio	0,908
Máxima	0,993
Mínima	0,513

Tabla 4.2 FP tablero 2.

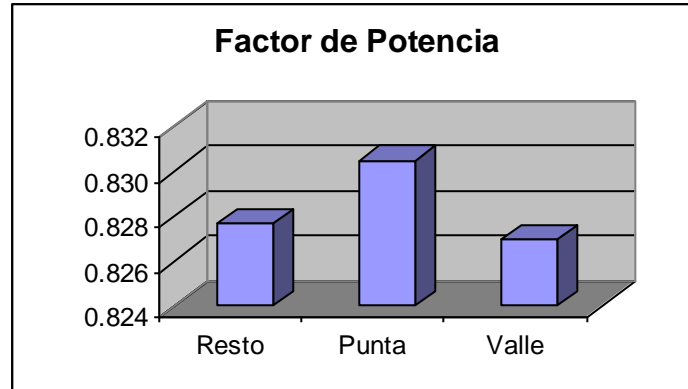
Para tener una mayor comprensión de cómo se comporta el FP se obtuvieron los promedios en cada una de las horas que conforman la curva típica de carga para el tablero 1.

Horas	FP promedio	Máximo	Mínimo
Resto	0,828	1,000	0,469
Punta	0,830	1,000	0,473
Valle	0,827	1,000	0,467

Tabla 4.3 FP durante las 24 horas Tablero 1.

² Ver anexo A.4.1

³ Ver anexo A.4.2

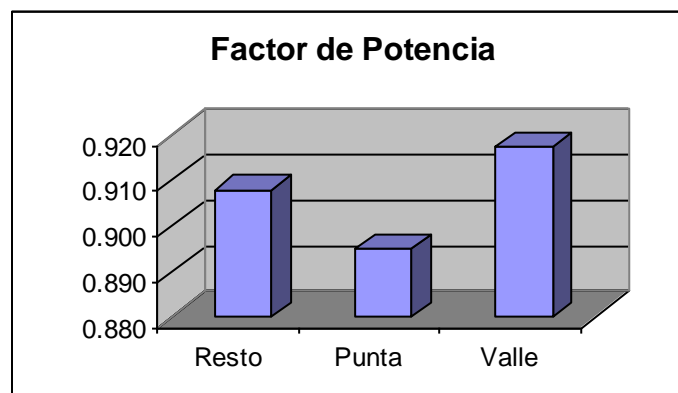


Gráfica 4.1. Promedios de FP en las horas resto, hora punta y hora valle Tablero 1.

Para tener una mayor comprensión de cómo se comporta el FP se obtuvieron los promedios de cada una de las horas que conforman la curva típica de carga para el tablero 2.

Horas	FP promedio	Máximo	Mínimo
Resto	0,908	0,993	0,513
Punta	0,895	0,993	0,555
Valle	0,917	0,946	0,891

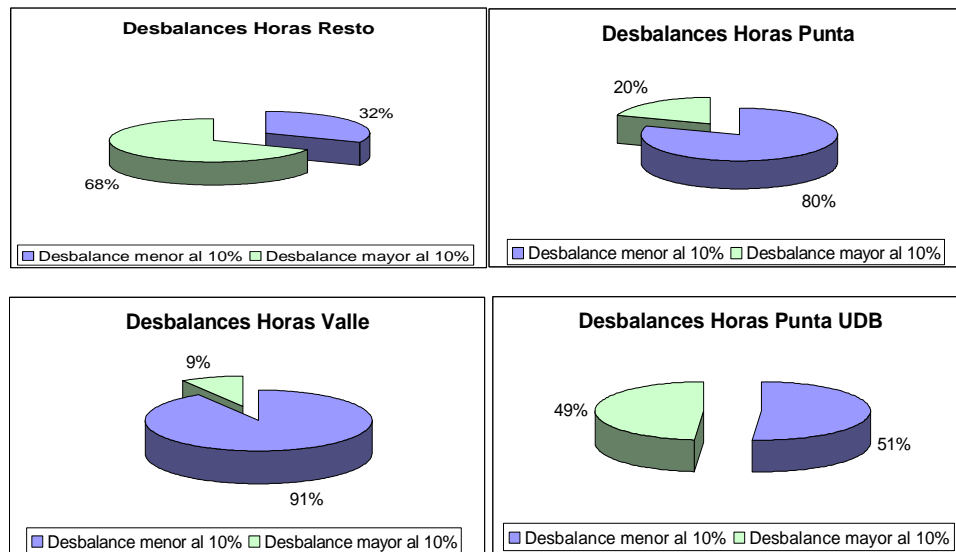
Tabla 4.4 FP durante las 24 horas Tablero 2.



Gráfica 4.2. Promedios de FP en las horas resto, hora punta y hora valle Tablero 2.

4.2.2 Corrientes.

En el tablero 1 el comportamiento de las corrientes de fase y de línea es igual ya que este es alimentado por la subestación 1 la cual tiene una configuración eléctrica estrella-estrella. A continuación se presenta el comportamiento y desbalance de estas⁴.



Gráfica 4.3 Porcentaje de Desbalance de Corriente durante las 24 horas Tablero 1.

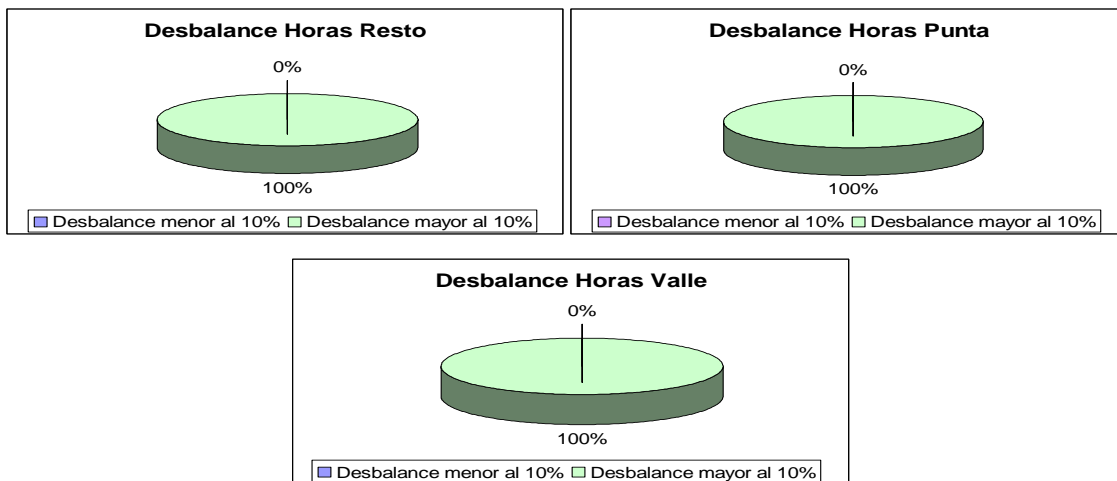
Como se observa en la gráfica 4.3 en las horas resto, las cuales están comprendidas de las 5:00 de la mañana a las 5:59 de la tarde, el 32% de ese tiempo las corrientes de fase presentaron un desbalance menor al 10% y el 68% de ese tiempo permanecieron con un desbalance superior al 10% esto para el tiempo representativo que se tomo de muestra.

Para la hora punta se comprende de las 6:00 de la tarde a las 10:59 de la noche, el 80% de las corrientes de fase, mantuvieron un desbalance menor al 10% y el resto, es decir, el 20% un desbalance superior al porcentaje antes especificado. Para interés del estudio, se toma una gráfica representativa de las

⁴ Ver anexo A.4.3

horas punta las cuales son de 6:00 a 8:00 de la noche, horas que se encuentra en operación el edificio de comunicaciones, teniendo en las mismas un desbalance menor al 10% para el 51% de ese tiempo y para el 49% un desbalance mayor al 10% . En las horas valle, el edificio de comunicaciones se encuentra en un 91% de ese tiempo en un desbalance menor al 10% y el resto con desbalance mayor al 10%.

En el tablero 2 el comportamiento de las corrientes de fase o de línea es igual ya que la alimentación de este al igual que la del tablero 1 viene de la subestación #1. A continuación se presenta el comportamiento y desbalance de estas⁵.



Gráfica 4.4 Porcentaje de Desbalance de Corriente durante las 24 horas (Tablero 2).

En la gráfica 4.4 se puede observar el comportamiento de las corrientes de cada fase del tablero 2 el cual muestra que en las horas resto el 100% del tiempo de medición representativo se obtuvo un desbalance mayor al 10% al igual que para las horas punta y horas valle, es decir este tablero siempre estuvo en desbalance.

⁵ Ver anexo A.4.3

4.2.3 Voltaje de fase y voltaje de línea.

En el Edificio de Comunicaciones los tableros tienen un voltaje de línea de 220 V y un voltaje de Fase de 120 V aproximados. Como se puede observar⁶, los voltajes de Línea de ambos tableros durante el periodo de medición se mantienen dentro de los márgenes superior e inferior establecidos para la clase de servicio que recibe la Ciudadela, son valores que se encuentran dentro del ± 7 del voltaje utilizado de acuerdo al acuerdo de calidad de energía de SIGET⁷.

En los voltajes de Fase para ambos tableros se encuentran al límite del margen superior permitido, tendiendo estos a sobrepasar ese margen en muy pequeña cantidad⁸.

4.2.4 Potencia real o activa.

En el edificio la potencia registrada en el tablero 1, tuvo el siguiente comportamiento. La máxima potencia que se obtuvo durante el periodo de medición del mismo fue de 30.7 kW trifásico, la mínima potencia fue de 0.2 kW trifásico, resultando un promedio de 4.229 kW trifásico, como se muestran en la tabla siguiente.

Potencia	Fase A (kW)	Fase B (kW)	Fase C (kW)	Trifásico (kW)
Máxima	11	11,4	8,3	30,700
Mínima	0,2	0,1	0,1	0,200
Promedio	1,621	1,626	0,983	4,229

Tabla 4.5. Muestras de potencia por fase.

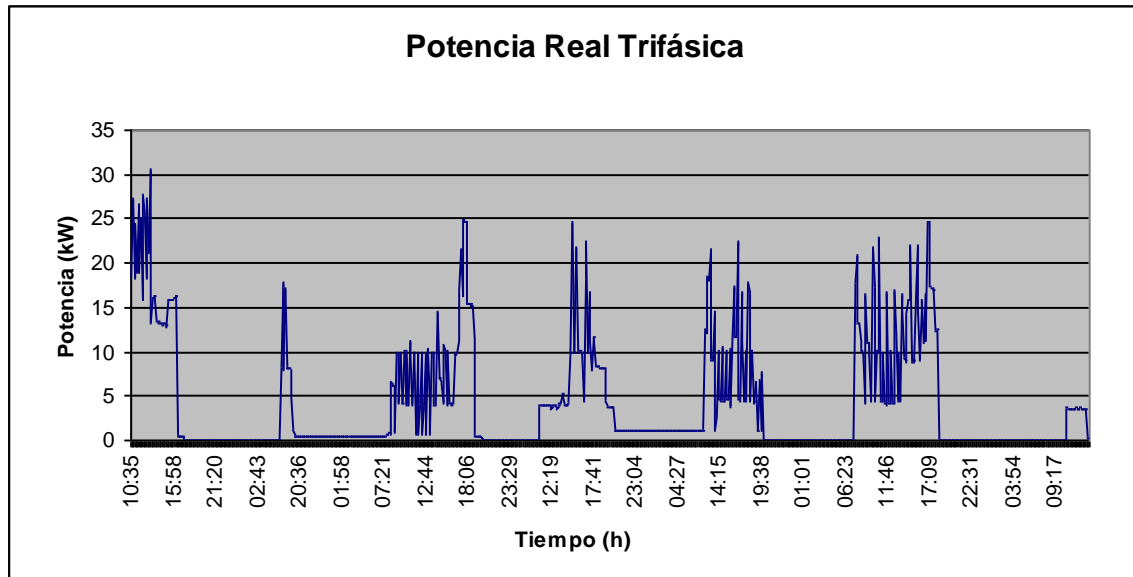
(Tablero 1)

⁶ Ver anexo A.4.4

⁷ Ver anexo A.4.5

⁸ Ver anexo A.4.6

La gráfica 4.5 muestra la tendencia de la potencia trifásica en el periodo de medición del tablero 1, se puede observar en que tiempos se registra la potencia máxima y en general el comportamiento de la misma.



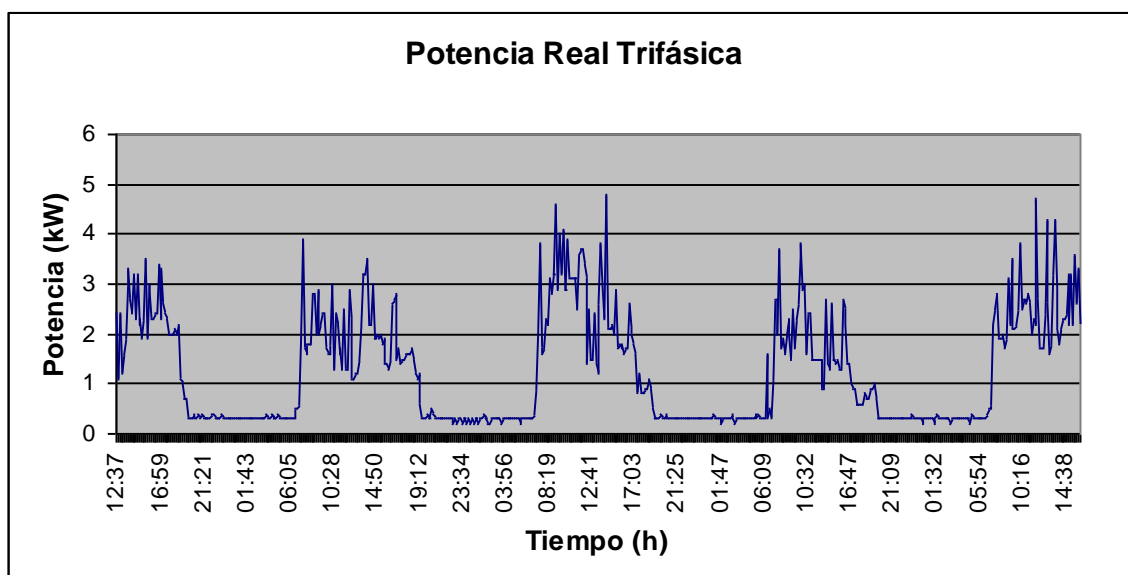
Grafica 4.5. Comportamiento de la Potencia Trifásica en el periodo de medición Tablero 1.

La potencia registrada en el tablero 2 del edificio, tuvo el siguiente comportamiento. La máxima potencia que se obtuvo durante el periodo de medición del mismo fue de 4.8 kW trifásico, la mínima fue de 0.2 kW y el promedio 1.2517 kW, como se muestra en la siguiente tabla.

Potencia	Fase A (kW)	Fase B (kW)	Fase C (kW)	Trifásico (kW)
Máxima	1,6	4,1	0,8	4,800
Mínima	0.1	0.3	0.1	0,2
Promedio	0,369	0,831	0,052	1,251

Tabla 4.6. Muestras de potencia por fase Tablero 2.

La gráfica 4.6 muestra la tendencia de la potencia trifásica en el periodo de medición del tablero 2, se puede observar en que tiempos se registra la potencia máxima y en general el comportamiento de la misma.



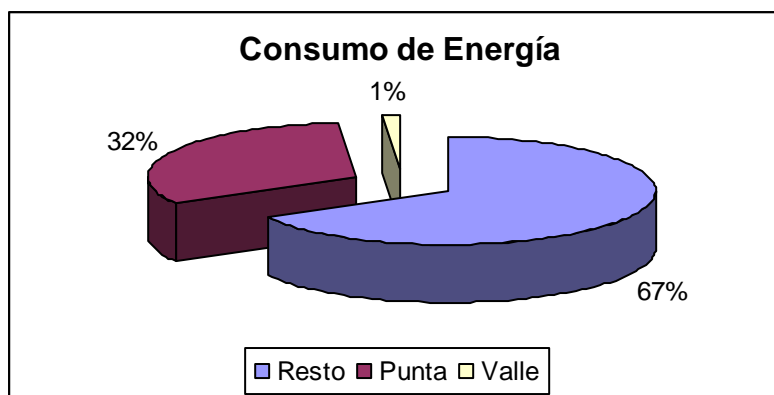
Grafica 4.6. Comportamiento de la Potencia Trifásica en el periodo de medición Tablero 2.

4.2.5 Energía.

La energía del tablero 1 del edificio de comunicaciones se consumió de la siguiente manera. En la hora resto se consumió 473.76 kWh, en la hora punta 227.23 kWh y en la hora valle 9.18 kWh, el total de energía consumida en el tablero 1 fue de 710.17 kWh.

Horas	Energía (kWh/semana)
Resto	473,76
Punta	227,23
Valle	9,18
Total	710,17

Tabla 4.7. Energía consumida Tablero 1.



Grafica 4.7 Consumo de Energía de Eléctrica Tablero 1.

La energía mensual que consume el edificio se determinó de la energía semanal medida multiplicada por las cuatro semanas que posee un mes, y su costo mensual se obtiene de los kWh/mes por el valor del pliego tarifario⁹. La mayor parte de la energía consumida en el tablero 1 del edificio se da para las horas resto las cuales según el pliego tarifario, son las de mediana tarifa ocasionando así el costo económico mensual aproximado detallado en la tabla siguiente:

Horas	Energía (kWh/mes)	Tarifa	Costo (mes)
Resto	1895,04	0,101663	\$192,65
Punta	908,92	0,108157	\$98,30
Valle	36,72	0,101514	\$3,72
Total	2840,68		\$294,68

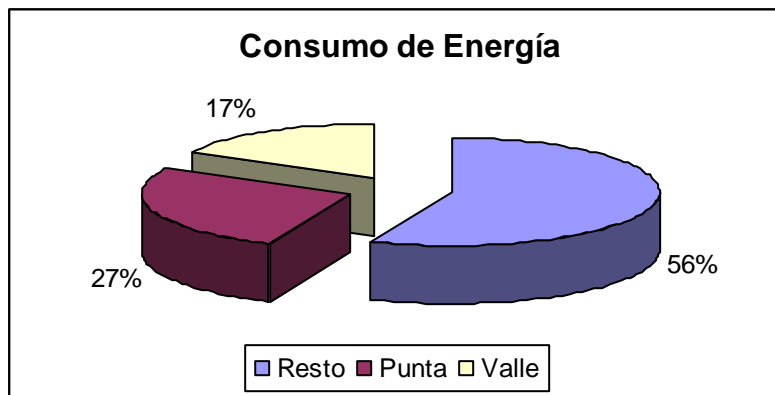
Tabla 4.8. Costo de la Energía consumida según pliego tarifario junio 2006. (Tablero 1)

La energía mensual del edificio de Comunicaciones para el tablero 2 se consumió de la siguiente manera. En la hora resto se consumió 103.83 kWh, en la hora punta 11 kWh y en la hora valle 6.92 kWh, el total de energía consumida en el tablero 2 fue de 121.75 kWh.

⁹ Ver anexo 1.1

Hora	Energía (kWh/semana)
Resto	103.83
Punta	11
Valle	6.92
Total	121.75

Tabla 4.9. Energía consumida Tablero 2.



Grafica 4.8. Consumo de Energía de Eléctrica Tablero 2.

Siendo así que la mayor parte de la energía consumida en el tablero 2 del edificio se da para las horas resto al igual que para el tablero 1. Produciendo así el costo económico mensual detallado en la siguiente tabla:

Horas	Energía (kWh/mes)	Tarifa	Costo (mes)
Resto	415,32	0,101663	\$42,22
Punta	44	0,108157	\$4,76
Valle	27,68	0,101514	\$2,81
Total	487		\$49,79

Tabla 4.10. Costo de la Energía consumida según pliego tarifario junio 2006 Tablero 2.

En total el edificio de Comunicaciones mensualmente esta consumiendo aproximadamente 3327.68 kWh con un costo total de energía consumida de \$344.48 dólares.

4.2.6 Porcentaje de carga.

La alimentación del edificio de Comunicaciones proviene de la Subestación de Eléctrica que tiene una capacidad instalada de 501 kVA, el porcentaje de carga que el edificio consume de la subestación viene dada por la relación de los kVA promedio de las mediciones tomadas y los kVA instalada de la misma.

$$\%de_carga = \frac{kVA_Edificio}{kVA_Subestacion}$$

Para conocer el porcentaje de carga del edificio, se obtuvieron los valores máximos de potencia de ambos tableros, luego se sumaron y se utilizó el promedio del FP para encontrar los kVA que demanda el edificio, como se detalla a continuación.

Potencia Trifásica Total (kW)	35.5
Factor de Potencia	0.888
Potencia Aparente (kVA)	39.98
Porcentaje de Carga (%)	7.980

Tabla 4.11. Porcentaje de carga de Edificio de Comunicaciones.

Se puede ver que el edificio de comunicaciones tiene un porcentaje de carga de 7.98 % con respecto a la subestación que lo alimenta, la cual es la subestación 1 con una potencia de 501 kVA.

4.3 Edificio #3 Electrónica.

El edificio de electrónica por poseer cuatro tableros principales y por el limitado tiempo de medición no se midieron dichos tableros sino que por aproximaciones de las mediciones de la Subestación 1 y los otros edificios que esta alimenta, se determinó la energía que este consume en una semana.

La subestación 1 entregó en la semana de medición un total de 2423.68 kWh y los edificios a los cuales esta entrega son: edificio de Comunicaciones, Electrónica y Eléctrica. El edificio de Eléctrica consume aproximadamente 550.32 kWh en una semana y el edificio de Comunicaciones consume aproximadamente 834.54 kWh, estos valores se determinaron sumando los kWh del tablero 1 y tablero 2 de cada edificio, ya que se cuenta con un solo equipo de medición no se pudieron tomar en la misma semana los datos, pero se consideran un valor aproximado. A continuación se muestran las tablas de donde se determinaron los kWh anteriores.

Total de Energía Consumida en la Subestación 1		
	kWh/semana	kWh/mes
Subestación #1	2423.68	9694.72

Tabla 4.12. Energía consumida en la semana de medición.

Energías Consumidas en edificios			
Edificios	Tablero 1 (kWh/semanal)	Tablero 2 (kWh/semanal)	Total
Comunicaciones	712.4	122.14	834.54
Eléctrica	258.21	292.11	550.32

Tabla 4.13. Tabla de energías consumidas en los edificios de Comunicaciones y Eléctrica.

La energía del edificio de Electrónica se obtiene restando de la energía de la subestación menos la de los edificios restantes, siendo este valor de:

Energía Consumida Edificio Electrónica	1038.82kWh/semanales
--	----------------------

El edificio de electrónica semanalmente consume alrededor de 1038.82 kWh, haciendo su consumo mensual de 4155.28 kWh.

4.4 Edificio #4 Eléctrica.

El edificio de Eléctrica se sometió a mediciones en el periodo del 12 al 17 de febrero del 2007 esto para el tablero 1, para el tablero 2 las mediciones se realizaron del 17 al 25 de febrero del 2007, siendo estos periodos representativos en el análisis de las variables. A continuación se presenta una descripción de los parámetros eléctricos de interés en el estudio del comportamiento eléctrico.

4.4.1 Factor de potencia.

El comportamiento que presentó el factor de potencia del Edificio de Eléctrica, fue muy variado como se observa en la muestra de las mediciones realizadas, tanto en el tablero 1 como en el tablero 2¹⁰.

Para el tablero 1 el factor de potencia promedio de las tres fases obtuvo un máximo de 1 y un mínimo de 0.335 y su promedio fue de 0.774. En el tablero 2 el factor de potencia promedio fue de 0.764 con un máximo de 0.958 y un mínimo de 0.661.

Factor de Potencia	
Promedio	0,774
Máxima	1,000
Mínima	0,335

Tabla 4.14 FP tablero 1.

Factor de Potencia	
Promedio	0,764
Máxima	0,958
Mínima	0,661

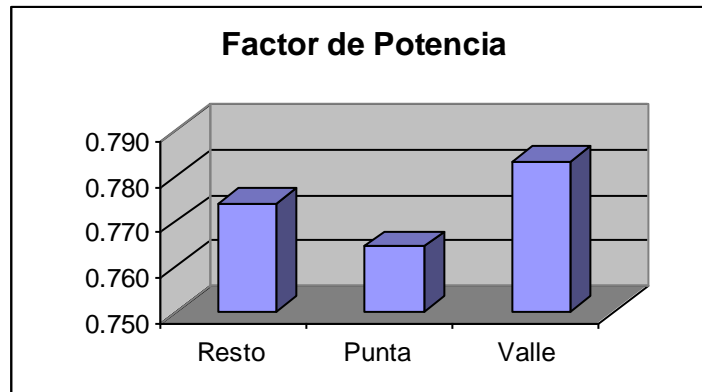
Tabla 4.15 FP tablero 2.

Para tener una mayor comprensión de cómo se comporta el FP se obtuvieron los promedios en cada una de las horas que conforman la curva típica de carga para el tablero 1.

¹⁰ Ver anexo B.4.1

Horas	FP promedio	Máximo	Mínimo
Resto	0,774	0,865	0,449
Punta	0,764	1,000	0,335
Valle	0,783	1,000	0,680

Tabla 4.16 FP durante las 24 horas Tablero 1.

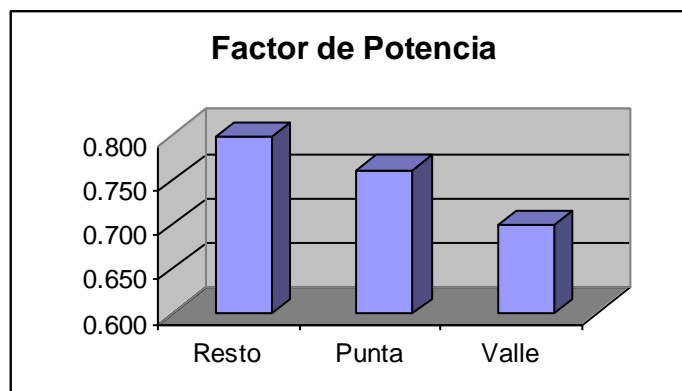


Gráfica 4.9. Promedios de FP en las hora resto, hora punta y hora valle Tablero 1.

Para tener una mayor comprensión de cómo se comporta el FP se obtuvieron los promedios de cada una de las horas que conforman la curva típica de carga para el tablero 2.

Horas	FP promedio	Máximo	Mínimo
Resto	0,798	0,958	0,667
Punta	0,761	0,955	0,665
Valle	0,699	0,809	0,661

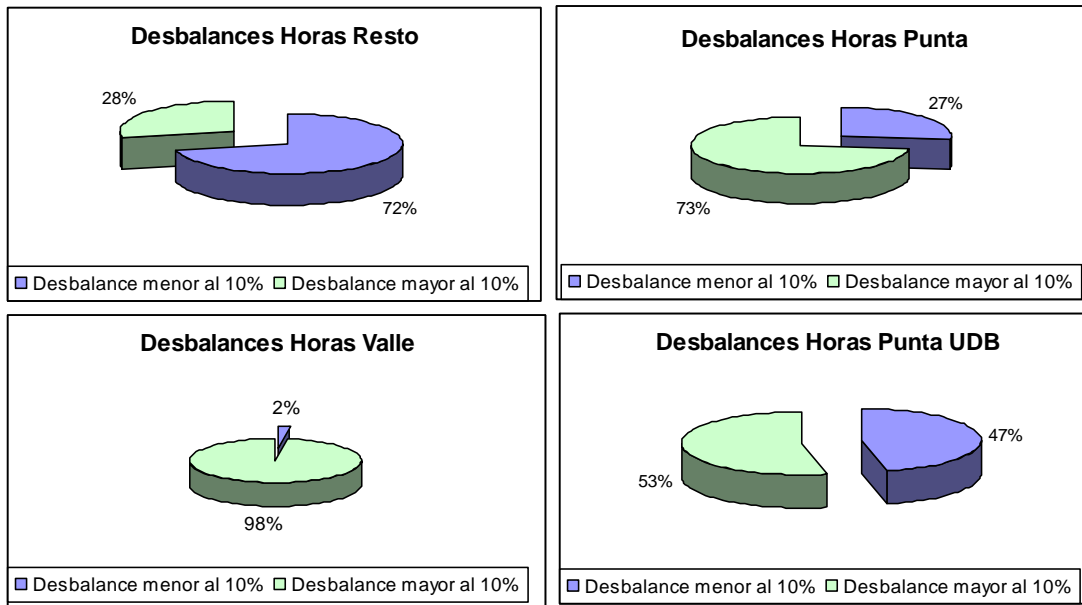
Tabla 4.17 FP durante las 24 horas Tablero 2.



Gráfica 5.10. Promedios de FP en las horas resto, hora punta y hora valle Tablero 2.

4.4.2 Corrientes.

En el tablero 1 el comportamiento de las corrientes de fase y de línea es igual ya que este tablero al igual que los del edificio 2 son alimentados por la Subestación 1. A continuación se presenta el comportamiento y desbalance de estas¹¹.



Grafica 4.11 Porcentaje de Desbalance de Corriente durante las 24 horas Tablero 1.

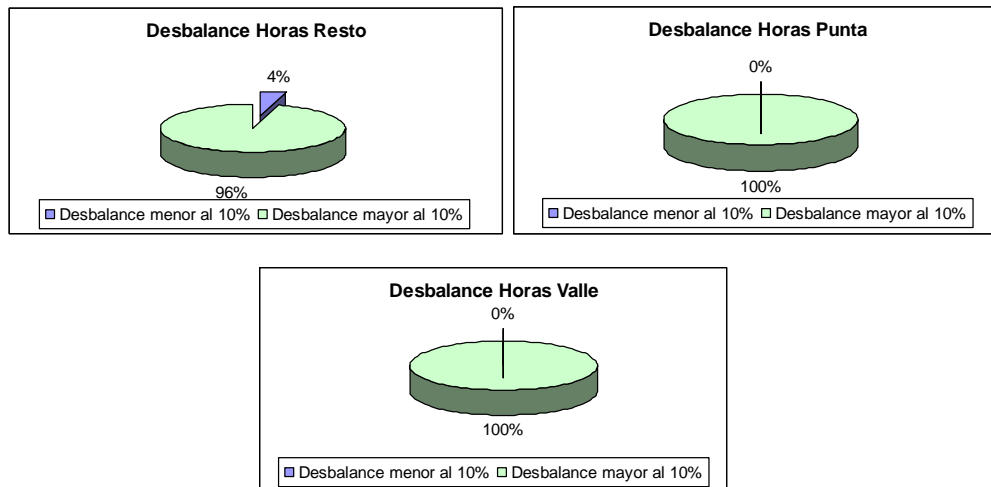
Como se observa en la gráfica 4.11 en las horas resto, las cuales están comprendidas de las 5:00 de la mañana a las 5:59 de la tarde, el 28% de ese tiempo las corrientes de fase presentaron un desbalance superior al 10% y el 72% de ese tiempo permanecieron con un desbalance menor al 10% esto para el tiempo representativo que se tomo de muestra de medición.

Para la hora punta se comprende de las 6:00 de la tarde a las 10:59 de la noche, el 73% de las corrientes de fase, mantuvieron un desbalance superior al 10% y el resto, es decir, el 27% un desbalance menor al porcentaje antes especificado. Para interés del estudio, se toma una gráfica representativa de las

¹¹ Ver anexo B.4.2.

horas punta las cuales son de 6:00 a 8:00 de la noche, horas que se encuentra en operación el edificio de eléctrica, teniendo en las mismas un desbalance menor al 10% para un 47% de ese tiempo y para el 53 % un desbalance superior a 10%. En las horas valle, el edificio de Eléctrica se encuentra en un 98% de ese tiempo en un desbalance superior al 10%.

En el tablero 2 el comportamiento de las corrientes de fase y de línea es igual ya que la alimentación de este al igual que la del tablero 1 viene de la subestación 1. A continuación se presenta el comportamiento y desbalance de estas¹².



Grafica 4.12 Porcentaje de Desbalance de Corriente durante las 24 horas Tablero 2.

En la grafica 4.12 se puede observar el comportamiento de las corrientes de cada fase del tablero 2 el cual muestra que en las horas resto el 96% del tiempo de medición representativo se obtuvo un desbalance mayor al 10% y un 4% se mantuvo dentro del desbalance permisible. En las horas punta y valle las corrientes se mantuvieron con un desbalance superior al 10% esto para el tiempo representativo ya mencionado.

¹² Ver anexo B.4.2

4.4.3 Voltaje de fase y voltaje de línea.

En el Edificio de Eléctrica los tableros tienen un voltaje de línea de 220 V y un voltaje de Fase de 120 V aproximados. Como se puede observar¹³, los voltajes de Línea de ambos tableros durante el periodo de medición se mantienen dentro de los márgenes superior e inferior establecidos para la clase de servicio que recibe la Ciudadela.

En los voltajes de Fase para ambos tableros se encuentran al límite del margen superior permitido, tendiendo estos a sobrepasar ese margen en muy pequeña cantidad¹⁴.

4.4.4 Potencia real o activa.

En el edificio la potencia registrada en el tablero 1, tuvo el siguiente comportamiento. La máxima potencia que se obtuvo durante el periodo de medición del mismo fue de 8.9 kW trifásico, la mínima potencia fue de 0.1 kW trifásico, resultando un promedio de 1.547 kW trifásico, como se muestran en la tabla siguiente.

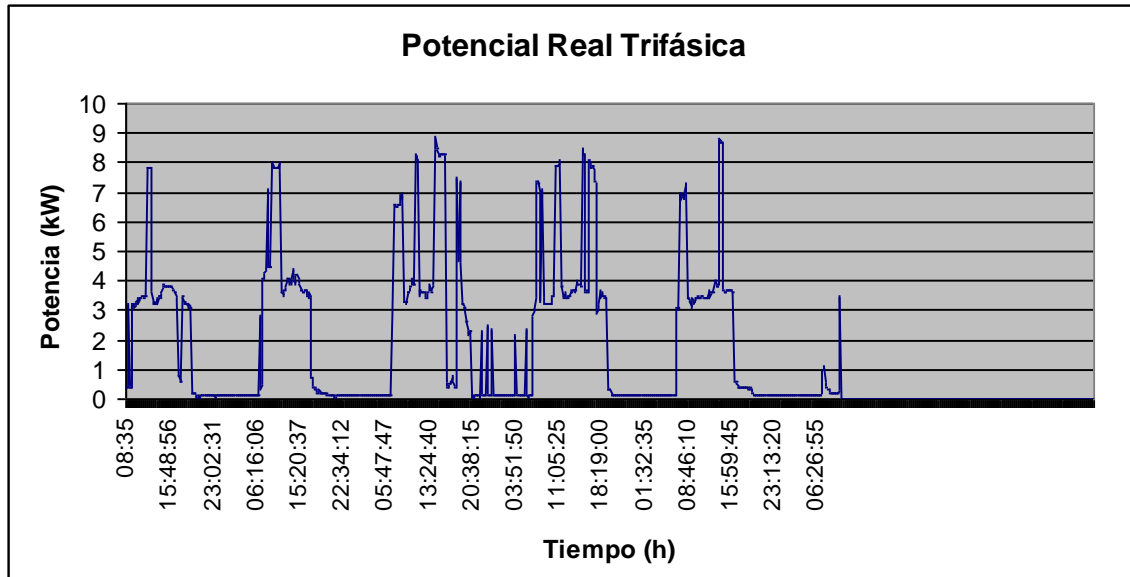
Potencia	Fase A (kW)	Fase B (kW)	Fase C (kW)	Trifásico (kW)
Máxima	3.2	3.2	2.8	8.900
Mínima	0.1	0.1	0.1	0.100
Promedio	0.721	0.661	0.714	1.547

Tabla 4.18. Muestras de potencia por fase Tablero 1.

La gráfica 4.13 muestra la tendencia de la potencia trifásica en el periodo de medición del tablero 2, se puede observar en que tiempos se registra la potencia máxima y en general el comportamiento de la misma.

¹³ Ver anexo B.4.3

¹⁴ Ver anexo B.4.4



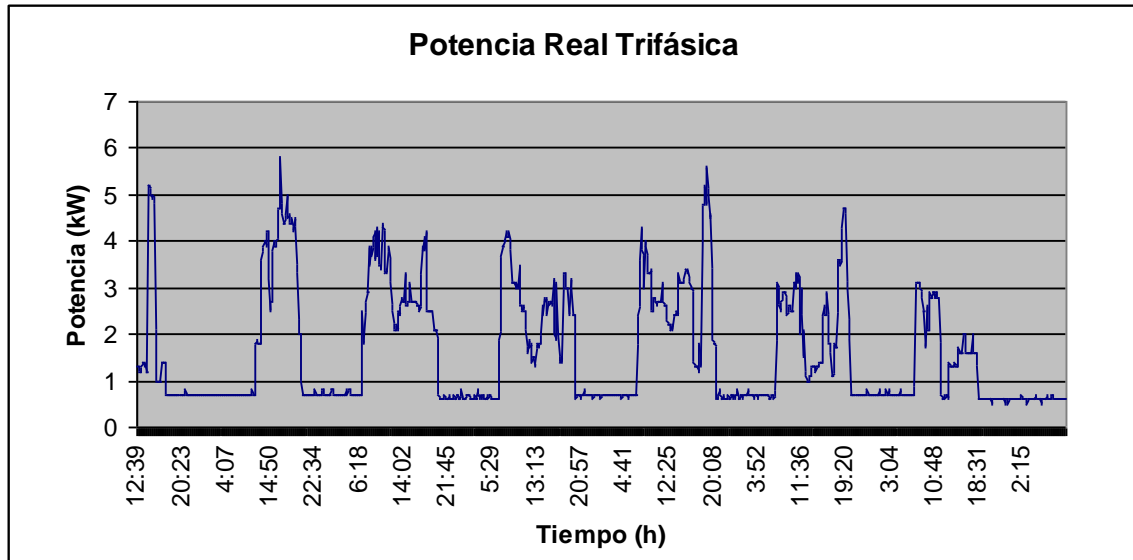
Grafica 4.13. Comportamiento de la Potencia Trifásica en el periodo de medición Tablero 1.

La potencia registrada en el tablero 2 del edificio, tuvo el siguiente comportamiento. La máxima potencia que se obtuvo durante el periodo de medición del mismo fue de 5.8 kW trifásico, la mínima fue de 0.5 kW y el promedio 1.627 kW, como se muestra en la siguiente tabla.

Potencia	Fase A (kW)	Fase B (kW)	Fase C (kW)	Trifásico (kW)
Máxima	2	3.1	3	5.800
Mínima	0.3	0.2	0.2	0.500
Promedio	0.467	0.551	0.609	1.627

Tabla 4.19. Muestras de potencia por fase Tablero 2.

La gráfica 4.14 muestra la tendencia de la potencia trifásica en el periodo de medición del tablero 2, se puede observar en que tiempos se registra la potencia máxima y en general el comportamiento de la misma.



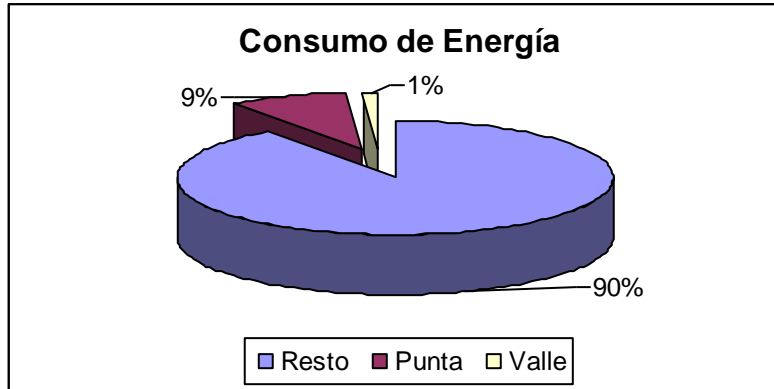
Grafica 4.14. Comportamiento de la Potencia Trifásica en el periodo de medición Tablero 2.

4.4.5 Energía.

La energía del tablero 1 del edificio de Eléctrica se consumió de la siguiente manera. En la hora resto se consumió 232.25 kWh, en la hora punta 22.74 kWh y en la hora valle 3.21 kWh, el total de energía consumida en el tablero 1 fue de 258.21 kWh.

Horas	Energía (kWh/semanal)
Resto	232,25
Punta	22,74
Valle	3,21
Total	258,2

Tabla 4.20. Energía consumida Tablero 1.



Gráfica 4.15. Consumo de Energía de Eléctrica Tablero 1.

La energía mensual que consume el edificio se determinó de la energía semanal medida multiplicada por las cuatro semanas que posee un mes, y su costo mensual se obtiene de los kWh/mes por el valor del pliego tarifario. La mayor parte de la energía consumida en el tablero 1 del edificio se da para las horas resto las cuales según el pliego tarifario, son las de mediana tarifa ocasionando así el costo económico mensual aproximado detallado en la tabla siguiente:

Horas	Energía (kWh/mes)	Tarifa	Costo (mes)
Resto	929	0.101663	\$94.44
Punta	90.96	0.108157	\$9.84
Valle	12.84	0.101514	\$1.30
Total	1032.8		\$105.59

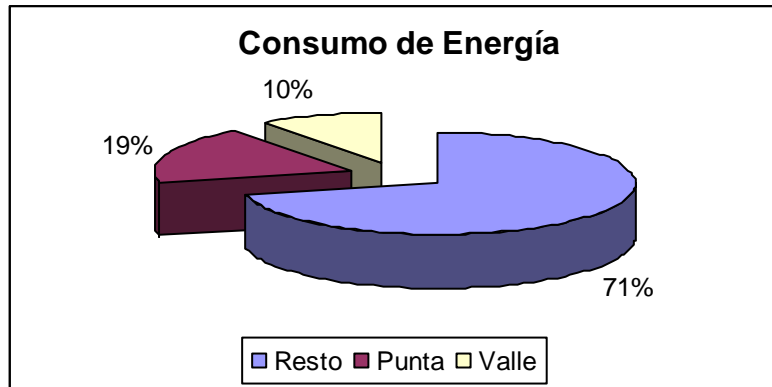
Tabla 4.21. Costo de la Energía consumida según pliego tarifario junio 2006 Tablero 1.

La energía del edificio de Eléctrica se consumió de la siguiente manera. En la hora resto se consumió 208.05 kWh, en la hora punta 54.3 kWh y en la hora valle 29.15 kWh, el total de energía consumida en el tablero 2 fue de 291.5 kWh.

Hora	Energía (kWh)
------	---------------

Resto	208,05
Punta	54,3
Valle	29,15
Total	291,5

Tabla 4.22. Energía consumida Tablero 2.



Gráfica 4.16. Consumo de Energía de Eléctrica Tablero2.

Siendo así que la mayor parte de la energía consumida en el tablero 2 del edificio se da para las horas resto las cuales según el pliego tarifario son las de mediana tarifa ocasionando así el costo económico mensual aproximado detallado en la tabla siguiente:

Hora	Energía (kWh)	Tarifa	Costo (mes)
Resto	832.2	0.101663	\$84.60
Punta	217.2	0.108157	\$23.49
Valle	116.6	0.101514	\$11.84
Total	1166		\$119.93

Tabla 4.23. Costo de la Energía consumida según pliego tarifario junio 2006 Tablero 2.

En total el edificio de Eléctrica mensualmente esta consumiendo aproximadamente 2198.8 kWh con un costo total de energía consumida de \$225.52 dólares.

4.4.6 Porcentaje de carga.

La alimentación del edificio de Eléctrica proviene de la Subestación de Eléctrica que tiene una capacidad instalada de 501 kVA, el porcentaje de carga que el edificio consume de la subestación viene dada por la relación de los kVA promedio de las mediciones tomadas y los kVA instalada de la misma.

$$\%de_carga = \frac{kVA_Edificio}{kVA_Subestacion}$$

Para conocer el porcentaje de carga del edificio, se obtuvieron los valores máximos de potencia de ambos tableros, luego se sumaron y se utilizó el promedio del FP para encontrar los kVA que demanda el edificio, como se detalla a continuación.

Potencia Trifásica Total (kW)	14,7
Factor de Potencia	0,8
Potencia Aparente (kVA)	18,37
Porcentaje de Carga (%)	3,67

Tabla 4.24. Porcentaje de carga Edificio de Eléctrica.

El porcentaje de carga del edificio de eléctrica es de 3.67% en comparación con la subestación que lo alimenta, la cual tiene una potencia instalada de 501 kVA.

4.5 Edificio #5 Metrología.

El edificio de Metrología se sometió a mediciones en el periodo del 17 al 23 de Marzo del 2007 esto para el tablero Principal siendo este periodo representativo en el análisis de las variables Eléctricas. A diferencia de los otros edificios este edificio posee solo un tablero Principal, a continuación se presenta una descripción de los parámetros eléctricos de interés en el estudio del comportamiento eléctrico.

4.5.1 Factor de potencia.

El comportamiento que presentó el factor de potencia del Edificio de Metrología, fue muy variado como se observa en la muestra de las mediciones realizadas¹⁵.

Para el tablero principal el factor de potencia promedio de las tres fases obtuvo un máximo de 0.995 y un mínimo de 0.579 y su promedio fue de 0.853.

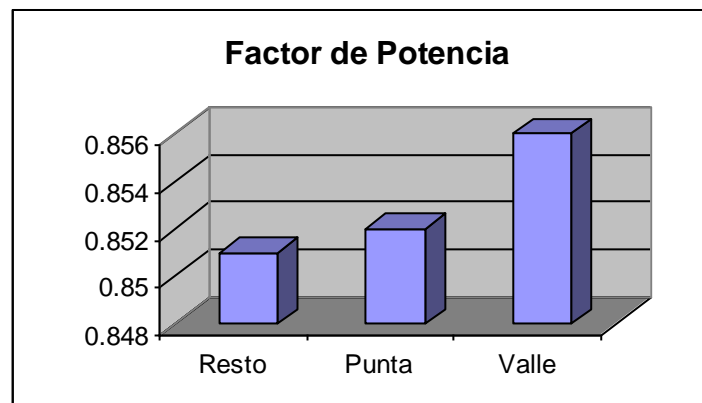
Factor de Potencia	
Promedio	0,853
Máxima	0,995
Mínima	0,579

Tabla 4.25 FP Tablero Principal.

Para tener una mayor comprensión de cómo se comporta el FP se obtuvieron los promedios en cada una de las horas que conforman la curva típica de carga para el tablero principal.

Horas	FP promedio	Máximo	Mínimo
Resto	0,851	0,995	0,579
Punta	0,852	0,890	0,763
Valle	0,856	0,955	0,585

Tabla 4.26 FP durante las 24 horas Tablero Principal.

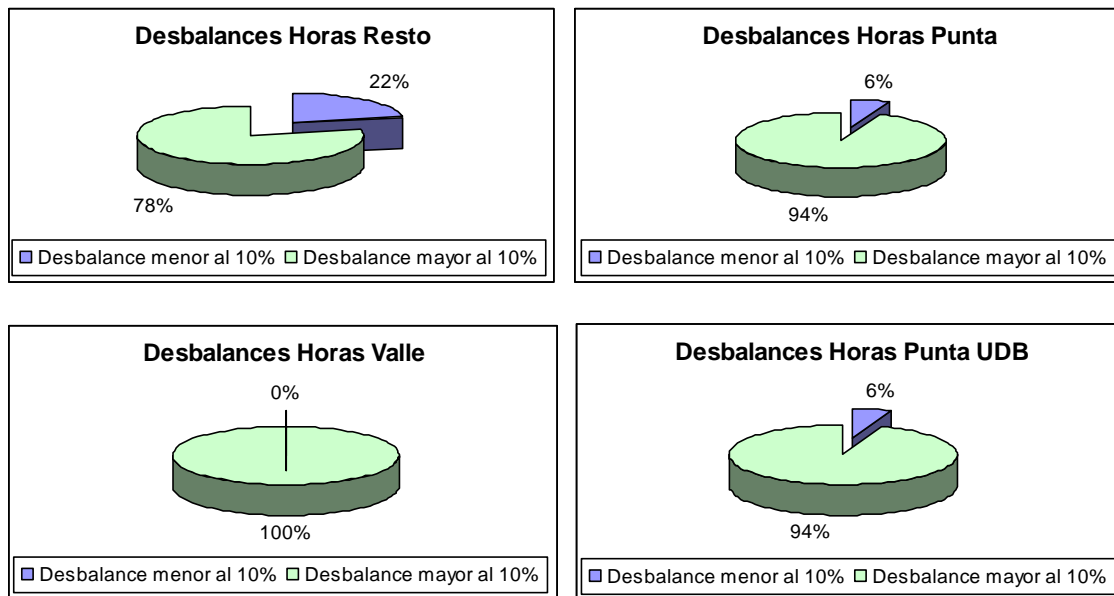


Grafica 4.17. Promedios de FP en las horas resto, hora punta y hora valle Tablero Principal.

¹⁵ Ver anexo C.4.1

4.5.2 Corrientes.

En el tablero principal el comportamiento de las corrientes de fase y de línea es igual ya que este se alimenta por la subestación 2 y esta al igual que la subestación 1 tiene una conexión estrella-estrella. A continuación se presenta el comportamiento y desbalance de estas¹⁶.



Grafica 4.18 Porcentaje de Desbalance de Corriente durante las 24 horas Tablero Principal.

Como se observa en la gráfica 5.18 en las horas resto, las cuales están comprendidas de las 5:00 de la mañana a las 5:59 de la tarde, el 22% de ese tiempo las corrientes de fase presentaron un desbalance menor al 10% y el 78% de ese tiempo permanecieron con un desbalance superior al 10% esto para el tiempo representativo que se tomo de medición.

Para la hora punta se comprende de las 6:00 de la tarde a las 10:59 de la noche, el 6% de las corrientes de fase, mantuvieron un desbalance menor al 10% y el resto, es decir, el 94% un desbalance superior al porcentaje antes especificado. Para interés del estudio, se toma una gráfica representativa de las

¹⁶ Ver anexo C.4.2

horas punta las cual es de 6:00 a 8:00 de la noche, teniendo un comportamiento similar al porcentaje de desbalance de la hora punta real. En las horas valle, el edificio de metrología se encuentra en un 100% de ese tiempo en un desbalance mayor al 10%.

4.5.3 Voltaje de fase y voltaje de línea.

En el Edificio de Metrología El tablero principal presento un voltaje de línea de 220 V y un voltaje de Fase de 120 V aproximados. Como se puede observar¹⁷, los voltajes de Línea del tablero principal durante el periodo de medición se mantienen dentro de los márgenes superior e inferior establecidos para la clase de servicio que recibe la Ciudadela.

Los voltajes de Fase se encuentran al límite del margen superior permitido, tendiendo estos a sobrepasar ese margen en muy pequeña cantidad¹⁸.

4.5.4 Potencia real o activa.

En el edificio la potencia registrada en el tablero Principal, tuvo el siguiente comportamiento. La máxima potencia que se obtuvo durante el periodo de medición del mismo fue de 23.3 kW trifásico, la mínima potencia fue de 0.2 kW trifásico, resultando un promedio de 2.477 kW trifásico, como se muestran en la tabla siguiente.

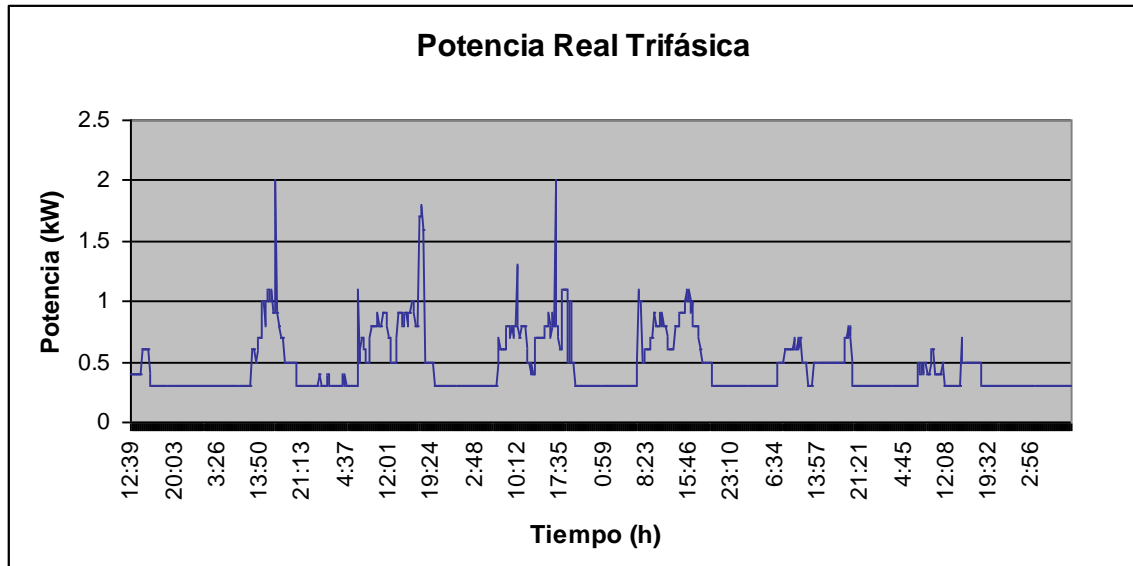
Potencia	Fase A (kW)	Fase B (kW)	Fase C (kW)	Trifásico (kW)
Máxima	7,8	8,2	7,3	23.3
Mínima	0,1	0,2	0,2	0.20
Promedio	0,888	0,783	0,806	2.47

Tabla 4.27. Muestras de potencia por fase Tablero Principal.

¹⁷ Ver anexo C.4.3

¹⁸ Ver anexo C.4.3

La gráfica 4.19 muestra la tendencia de la potencia trifásica, para tener una mayor idea del comportamiento general que tuvo en el periodo de medición.



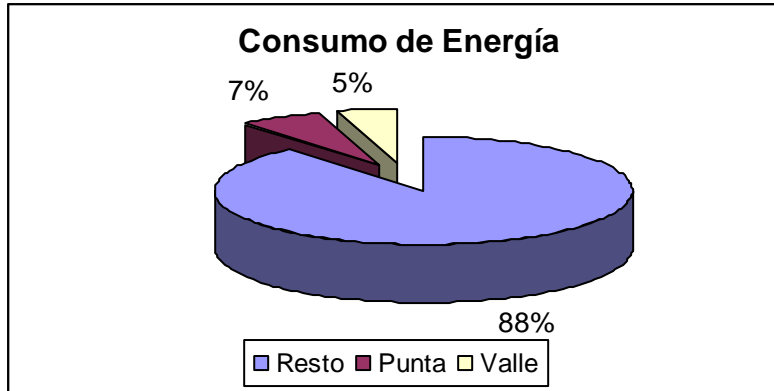
Grafica 4.19. Comportamiento de la Potencia Trifásica en el Tablero Principal.

4.5.5 Energía.

La energía del tablero principal del edificio de metrología se consumió de la siguiente manera. En la hora resto se consumió 319.82 kWh, en la hora punta 23.84 kWh y en la hora valle 16.7 kWh, el total de energía consumida en el tablero principal fue de 360.36 kWh.

Horas	Energía (kWh/semana)
Resto	319,82
Punta	23,84
Valle	16,7
Total	360,36

Tabla 4.28. Energía consumida Tablero Principal.



Grafica 4.20. Consumo de Energía de Eléctrica Tablero Principal.

La energía mensual que consume el edificio se determinó de la energía semanal medida multiplicada por las cuatro semanas que posee un mes, y su costo mensual se obtiene de los kWh/mes por el valor del pliego tarifario. La mayor parte de la energía consumida en el tablero Principal del edificio se da para las horas resto al igual que en los otros edificios, este ocasiona un costo económico mensual que se detalla en la tabla siguiente:

Horas	Energía (kWh/mes)	Tarifa	Costo (mes)
Resto	1279,28	0,101663	\$130,05
Punta	95,36	0,108157	\$10,31
Valle	66,8	0,101514	\$6,78
Total	1441,44		\$147,15

Tabla 4.29. Costo de la Energía consumida según pliego tarifario junio 2006 Tablero Principal.

En total el edificio de Metrología mensualmente esta consumiendo aproximadamente 1441.44 kWh con un costo total de energía consumida de \$147.15 dólares.

4.5.6 Porcentaje de carga.

La alimentación del edificio de Metrología proviene de la Subestación de Mecánica que tiene una capacidad instalada de 501 kVA, el porcentaje de carga que el edificio consume de la subestación viene dada por la relación de los kVA promedio de las mediciones tomadas y los kVA instalada de la misma.

$$\%de_carga = \frac{kVA_Edificio}{kVA_Subestacion}$$

Para conocer el porcentaje de carga del edificio, se obtuvo el valor máximo de potencia del tablero principal de Metrología y se utilizó el valor del FP de esa potencia para encontrar los kVA que demanda el edificio, como se detalla a continuación.

Potencia Trifásica Total (kW)	30.7
Factor de Potencia	0.855
Potencia Aparente (kVA)	35.91
Porcentaje de Carga (%)	7.168

Tabla 4.30. Porcentaje de carga edificio de Metrología.

En la tabla se muestra que el porcentaje de carga que se da en el edificio es de 7.168% con respecto a la subestación que lo alimenta, la cual tiene una potencia instalada de 501 kVA.

4.6 Edificio #6 Mecánica.

El edificio de Mecánica por poseer siete tableros principales y por el limitado tiempo de medición no se pudieron medir dichos tableros sino que por aproximaciones de las mediciones de la Subestación 2 y los otros edificios que esta alimenta, se determinó la energía que este consume en una semana.

La subestación 2 entregó en la semana de medición un total de 2423.68 kWh y los edificios a los cuales esta entrega potencia son: edificio de Capacitaciones, Mecánica y Soldadura. El edificio de Capacitaciones consumió 712.4 kWh en la semana de medición del 17 al 23 de Marzo y el edificio de Soldadura consumió 258.21 kWh en la semana de medición del 2 al 6 de Mayo, ya que se cuenta con un solo equipo de medición no se pudieron tomar en la misma semana los datos, pero se consideran un valor aproximado. A continuación se muestran las tablas de donde se determinaron los kWh anteriores.

Energía Consumida en la Subestación 2		
	kWh/semana	kWh/mes
Subestación #2	6871.25	27485

Tabla 4.31. Energía consumida en la semana de medición

Energías Consumidas en edificios	
Edificios	Tablero 1 (kWh/sem)
Capacitaciones	360.51
Soldadura	86.81
Total	447.32

Tabla 4.32. Tabla de energías consumidas en los edificios de Capacitaciones y Soldadura.

La energía del edificio de Mecánica se obtiene restando de la energía de la subestación menos la de los edificios restantes, siendo este valor de:

Energía Consumida Edificio Mecánica	6423.93
-------------------------------------	---------

El edificio de Mecánica semanalmente consume alrededor de 6423.93 kWh, haciendo un consumo mensual de 25695.71 kWh.

4.7 Edificio #7 Soldadura.

El edificio de Soldadura se sometió a mediciones en el periodo del 2 al 5 de Mayo del 2007 esto para el tablero principal, para el tablero secundario las mediciones se realizaron del 25 al 28 de Abril del 2007 siendo este periodo representativo en el análisis de las variables Eléctricas. A diferencia de los otros edificios este edificio posee un tablero el cual esta alimentado por la subestación 2 y otro que esta alimentado por una subestación monofásica aérea, al primer tablero le llamaremos tablero principal y al segundo tablero secundario, a continuación se presenta una descripción de los parámetros eléctricos de interés en el estudio del comportamiento eléctrico.

4.7.1 Factor de potencia.

El comportamiento que presentó el factor de potencia del Edificio de Soldadura, fue muy variado como se observa en la muestra de las mediciones realizadas¹⁹.

Para el tablero principal el factor de potencia promedio de las tres fases obtuvo un máximo de 1 y un mínimo de 0.535 y su promedio fue de 0.932.

Factor de Potencia	
Promedio	0.932
Máxima	1.000
Mínima	0.535

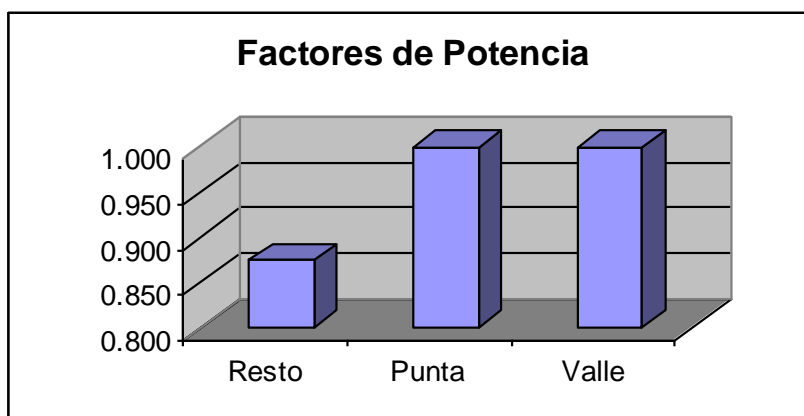
Tabla 4.33 FP tablero principal.

Para tener una mayor comprensión de cómo se comporta el FP se obtuvieron los promedios en cada una de las horas que conforman la curva típica de carga para el tablero principal.

¹⁹ Ver anexo D.4.1

Horas	FP promedio	Máximo	Mínimo
Resto	0.874	1.000	0.535
Punta	1.000	1.000	0.996
Valle	1.000	1.000	1.000

Tabla 4.34 FP durante las 24 horas Tablero Principal.



Grafica 4.21. Promedios de FP en las horas resto, hora punta y hora valle Tablero Principal.

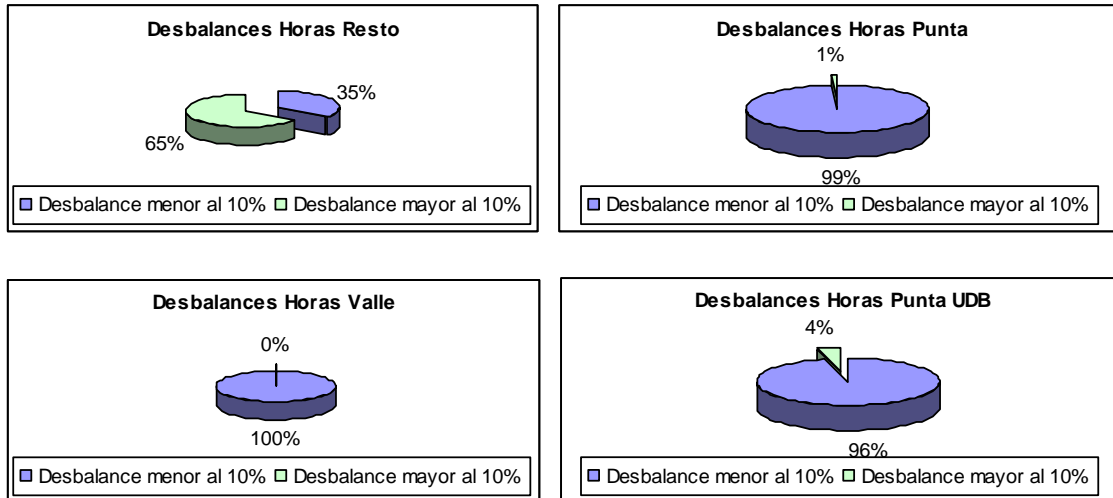
El factor de potencia en el tablero secundario, se midió en la línea A y la línea B, ya que este tablero es monofásico²⁰.

4.7.2 Corrientes.

En el tablero principal el comportamiento de las corrientes de fase y de línea es igual ya que la alimentación de este proviene de la subestación 2. A continuación se presenta el comportamiento y desbalance de estas²¹.

²⁰ Ver anexo D.4.2

²¹ Ver anexo D.4.3



Grafica 4.22 Porcentaje de Desbalance de Corriente durante las 24 horas Tablero Principal.

Como se observa en la gráfica 4.22 en las horas resto, las cuales están comprendidas de las 5:00 de la mañana a las 5:59 de la tarde, el 65% de ese tiempo las corrientes de fase presentaron un desbalance superior al 10% y el 35% de ese tiempo permanecieron con un desbalance menor al 10% esto para el tiempo representativo que se tomo de medición.

Para la hora punta se comprende de las 6:00 de la tarde a las 10:59 de la noche, el 1% de las corrientes de fase, mantuvieron un desbalance superior al 10% y el resto, es decir, el 99% un desbalance menor al porcentaje antes especificado. En las horas valle, el edificio de Soldadura se encuentra en un 100% de ese tiempo en un desbalance menor al 10%.

En el tablero secundario el comportamiento de las corrientes no presento muchas variaciones, es decir siempre estuvo en valores de 0 A, ya que este solo se utiliza para prácticas de soldadura, en el tiempo que se midió este edificio no hubo prácticas de soldadura.

4.7.3 Voltaje de fase y voltaje de línea.

En el Edificio de Soldadura los tableros tienen un voltaje de línea de 220 V y un voltaje de Fase de 120 V aproximados. Como se puede observar²², los voltajes de Línea de ambos tableros durante el periodo de medición se mantienen dentro de los márgenes superior e inferior establecidos para la clase de servicio que recibe la Ciudadela.

Los voltajes de Fase se encuentran al límite del margen superior permitido, tendiendo estos a sobrepasar ese margen en muy pequeña cantidad²³.

4.7.4 Potencia real o activa.

En el edificio la potencia registrada en el tablero principal, tuvo el siguiente comportamiento. La máxima potencia que se obtuvo durante el periodo de medición del mismo fue de 6.9 kW trifásico, la mínima potencia fue de 0.5 kW trifásico, resultando un promedio de 0.739 kW trifásico, como se muestran en la tabla siguiente.

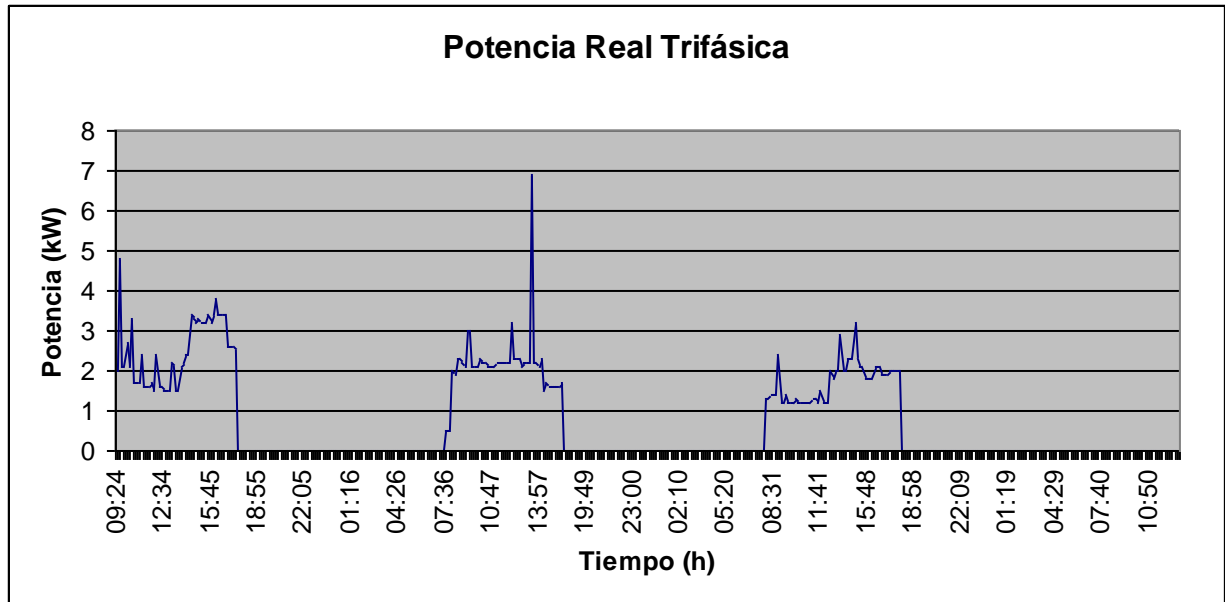
Potencia	Fase A (kW)	Fase B (kW)	Fase C (kW)	Trifásico (kW)
Máxima	3	3.6	6.9	6.900
Mínima	0.2	0.5	0.2	0.500
Promedio	0.626	0.060	0.739	0.739

Tabla 4.35. Muestras de potencia por fase Tablero Principal.

La gráfica 4.23 muestra la tendencia de la potencia trifásica, para tener una mayor idea del comportamiento general que tuvo en el periodo de medición.

²² Ver anexo D.4.5

²³ Ver anexo D.4.4



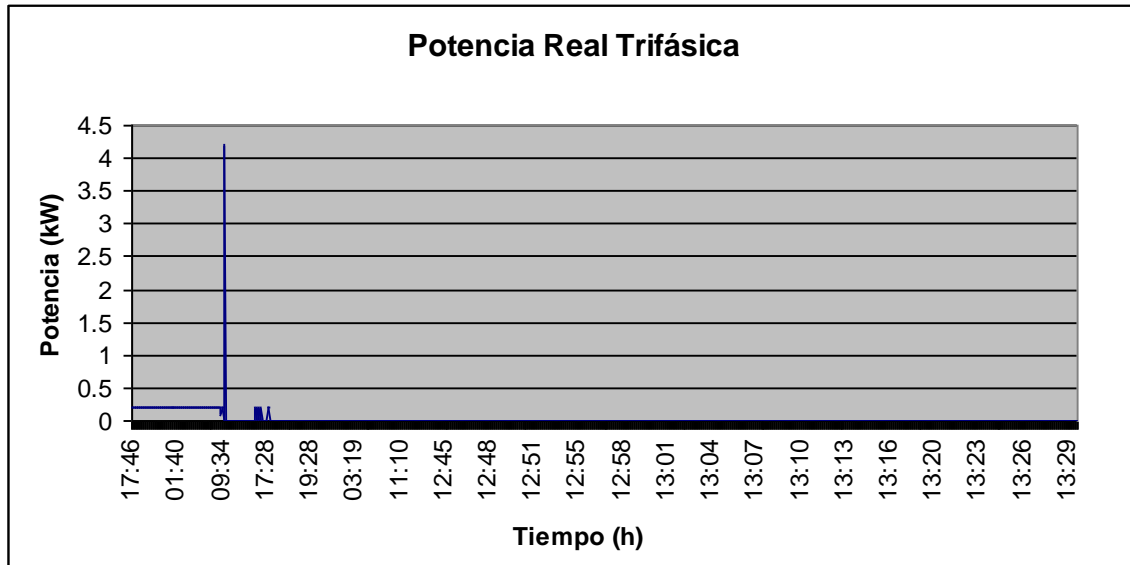
Grafica 4.23. Comportamiento de la Potencia Trifásica en e l Tablero Principal.

La potencia registrada en el tablero secundaria del edificio, tuvo el siguiente comportamiento. La máxima potencia que se obtuvo durante el periodo de medición del mismo fue de 4.2 kW trifásico, la mínima fue de 0.5 kW y el promedio 0.037 kW, como se muestra en la siguiente tabla.

Potencia	Fase A (kW)	Fase B (kW)	Fase C (kW)	Trifásico (kW)
Máxima	2.1	0	4.2	4.200
Mínima	0.2	0.5	0.2	0.500
Promedio	0.019	0.000	0.037	0.037

Tabla 4.36. Muestras de potencia por fase Tablero Secundario.

La gráfica 4.24 muestra la tendencia de la potencia trifásica, para tener una mayor idea del comportamiento general que tuvo en el periodo de medición.



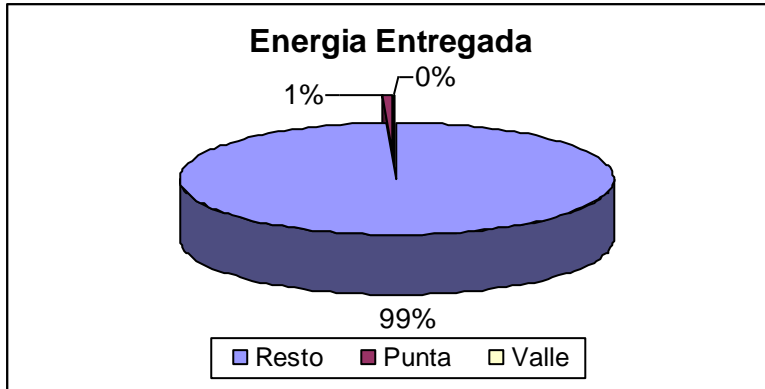
Grafica 4.24. Comportamiento de la Potencia Trifásica en el Tablero Secundario.

4.7.5 Energía.

La energía del tablero principal del edificio de Soldadura se consumió de la siguiente manera. En la hora resto se consumió 85.83 kWh, en la hora punta 0.71 kWh y en la hora valle 0 kWh, el total de energía consumida en el tablero principal fue de 86.54 kWh.

Horas	Energía (kWh/semanal)
Resto	85.83
Punta	0.71
Valle	0
Total	86.54

Tabla 4.37. Energía consumida Tablero principal.



Grafica 4.25. Consumo de Energía Tablero principal.

Siendo así que la mayor parte de la energía consumida en el tablero principal del edificio se da para las horas resto. Este edificio ocasiona un costo económico mensual aproximado detallado en la tabla siguiente:

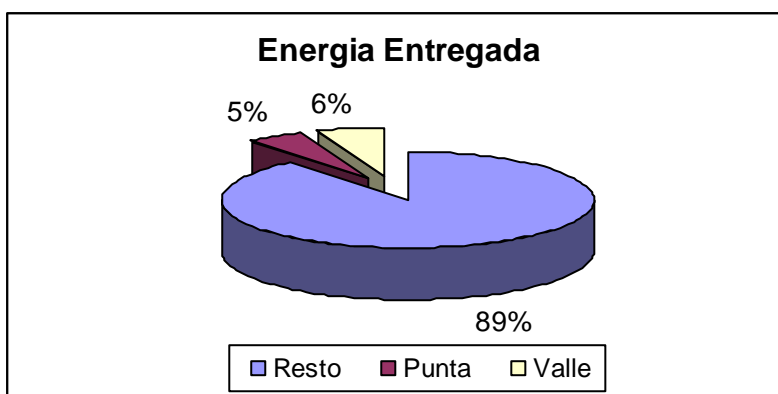
Horas	Energía (kWh/mes)	Tarifa	Costo (mes)
Resto	343.32	0.101663	\$34.90
Punta	2.84	0.108157	\$0.31
Valle	0	0.101514	\$0.00
Total	346.16		\$35.21

Tabla 4.38. Costo de la Energía consumida según pliego tarifario junio 2006 Tablero Principal.

La energía del edificio de Soldadura se consumió de la siguiente manera. En la hora resto se consumió 11.24 kWh, en la hora punta 0.62 kWh y en la hora valle 0.73 kWh, el total de energía consumida en el tablero secundario fue de 12.59 kWh.

Horas	Energía (kWh/semana)
Resto	11.24
Punta	0.62
Valle	0.73
Total	12.59

Tabla 4.39. Energía consumid Tablero Secundario.



Grafica 4.26. Consumo de Energía de Soldadura Tablero Secundario.

Siendo así que la mayor parte de la energía consumida en el tablero secundario del edificio se da para las horas resto. Este edificio ocasiona un costo económico mensual aproximado detallado en la tabla siguiente:

Horas	Energía (kWh/mes)	Tarifa	Costo (mes)
Resto	44.96	0.101663	\$4.57
Punta	2.48	0.108157	\$0.27
Valle	2.92	0.101514	\$0.30
Total	50.36		\$5.14

Tabla 4.40. Costo de la Energía consumida según pliego tarifario junio 2006 Tablero Secundario.

En total el edificio de Soldadura mensualmente esta consumiendo aproximadamente 396.52 kWh con un costo total de energía consumida de \$40.35 dólares.

4.7.6 Porcentaje de carga.

La alimentación del edificio de Soldadura proviene de la Subestación de Mecánica que tiene una capacidad instalada de 501 kVA, el porcentaje de carga que el edificio consume de la subestación viene dada por la relación de los kVA promedio de las mediciones tomadas y los kVA instalada de la misma.

$$\%de_carga = \frac{kVA_Edificio}{kVA_Subestacion}$$

Para conocer el porcentaje de carga del edificio, se obtuvo el valor máximo de potencia del tablero principal de soldadura porque solo este tablero es alimentado por la subestación 2 el tablero secundario es alimentado por una subestación monofásica para nuestro estudio este tablero no es de interés. Se utilizó el valor del FP de esa potencia para encontrar los kVA que demanda el edificio, como se detalla a continuación.

Potencia Trifásica Total (kW)	6.9
Factor de Potencia	0.81
Potencia Aparente (kVA)	8.52
Porcentaje de Carga (%)	1.700

Tabla 4.41. Porcentaje de carga del edificio de Soldadura.

En la tabla se muestra que el porcentaje de carga que se da en el edificio es de 1.7% con respecto a la subestación que lo alimenta, la cual tiene una potencia instalada de 501 kVA.

4.8 Subestación #1. (Eléctrica)

La Subestación de Eléctrica se sometió a mediciones en el periodo del 3 al 8 de Marzo del 2007, siendo este un periodo representativo en el análisis de las variables de estudio. A continuación se presenta una descripción de los parámetros eléctricos de interés en el estudio del comportamiento eléctrico.

4.8.1 Factor de potencia.

El comportamiento que presentó el factor de potencia en la Subestación de Eléctrica, se puede observar en la muestra de las mediciones realizadas, en el periodo antes mencionado²⁴.

En la Subestación 1 el factor de potencia promedio de las tres fases obtuvo una máxima de 0.976 y una mínima de 0.739 y dando así un promedio de 0.862, como se muestra en la tabla siguiente.

Factor de Potencia	
Promedio	0.862
Máxima	0.976
Mínima	0.739

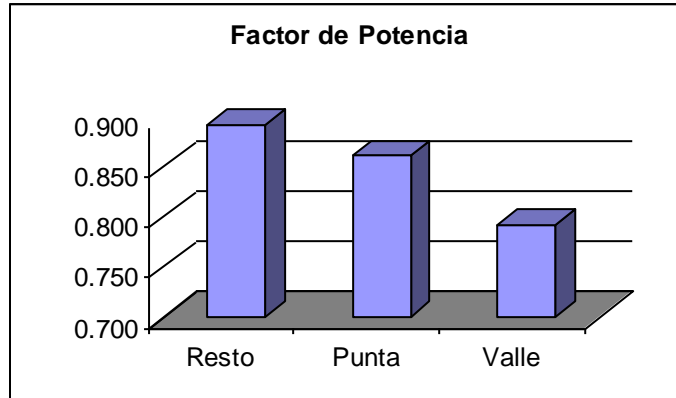
Tabla 4.42 FP de Subestación 1.

Para una mejor comprensión de cómo se comportó el FP se muestra a continuación los valores promedios, máximos y mínimos en cada una de las horas que conforman la curva típica de carga de la subestación 1.

Horas	FP promedio	Máximo	Mínimo
Resto	0.892	0.976	0.739
Punta	0.861	0.973	0.772
Valle	0.792	0.848	0.754

Tabla 4.43 FP durante las 24 horas Subestación 1.

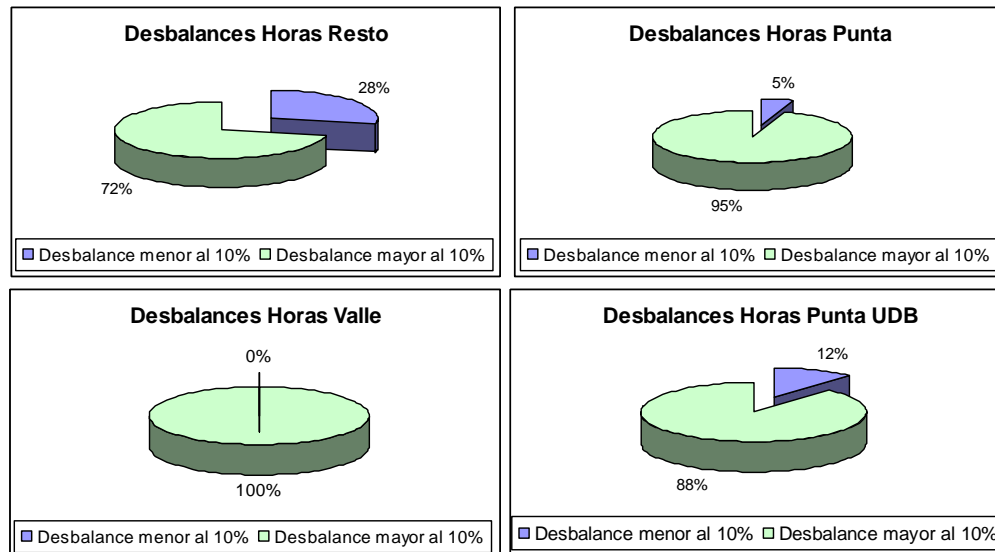
²⁴ Ver anexo E.4.1



Grafica 4.27. Promedios de FP en las horas resto, hora punta y hora valle Subestación 1.

4.8.2 Corrientes.

En vista que la subestación 1 tiene una conexión estrella-estrella las corrientes de fase y de línea son las mismas y el comportamiento y desbalance que presentaron se describen a continuación²⁵.



Grafica 4.28 Porcentaje de Desbalance de Corriente durante las 24 horas Subestación 1.

²⁵ Ver anexo E.4.2

Como se observa en la gráfica 4.28 en las horas resto, las cuales están comprendidas de las 5:00 de la mañana a las 5:59 de la tarde, el 28% de ese tiempo las corrientes de fase presentaron un desbalance menor al 10% y el 72% de ese tiempo permanecieron con un desbalance superior al 10% esto para el periodo representativo que se tomo de medición.

Para la hora punta que comprende de las 6:00 de la tarde a las 10:59 de la noche, el 5% de las corrientes de fase, mantuvieron un desbalance menor al 10% y el resto, es decir, el 95% un desbalance superior al porcentaje antes especificado. Para interés del estudio, se toma una gráfica representativa de las horas punta UDB las cuales son de 6:00 a 8:00 de la noche, horas que se encuentra en operaciones los edificios que alimenta Subestación 1, teniendo el 12% un desbalance menor al 10% y un desbalance mayor al 10% en un 88%. En las horas valle, la subestación permaneció en todo el periodo de medición en un desbalance superior al 10%.

4.8.3 Voltaje de fase y voltaje de línea.

La Subestación de Eléctrica recibe un voltaje primario de 23 kV voltaje línea a línea el cual alimenta tres transformadores monofásicos conectados en una configuración eléctrica estrella- estrella como se ha mencionado en párrafos anteriores, entregando así un voltaje secundario de 220 V línea a línea y un voltaje de fase de 120 V aproximados. Como se puede observar²⁶, los voltajes de línea durante el periodo de medición se mantuvieron dentro de los márgenes superior e inferior establecidos para la clase de servicio que recibe la Ciudadela.

Los voltajes de Fase se encuentran al límite del margen superior permitido, es decir el 7% arriba del nominal que es 128.4 V²⁷.

²⁶ Ver anexo E.4.3

²⁷ Ver anexo E.4.3

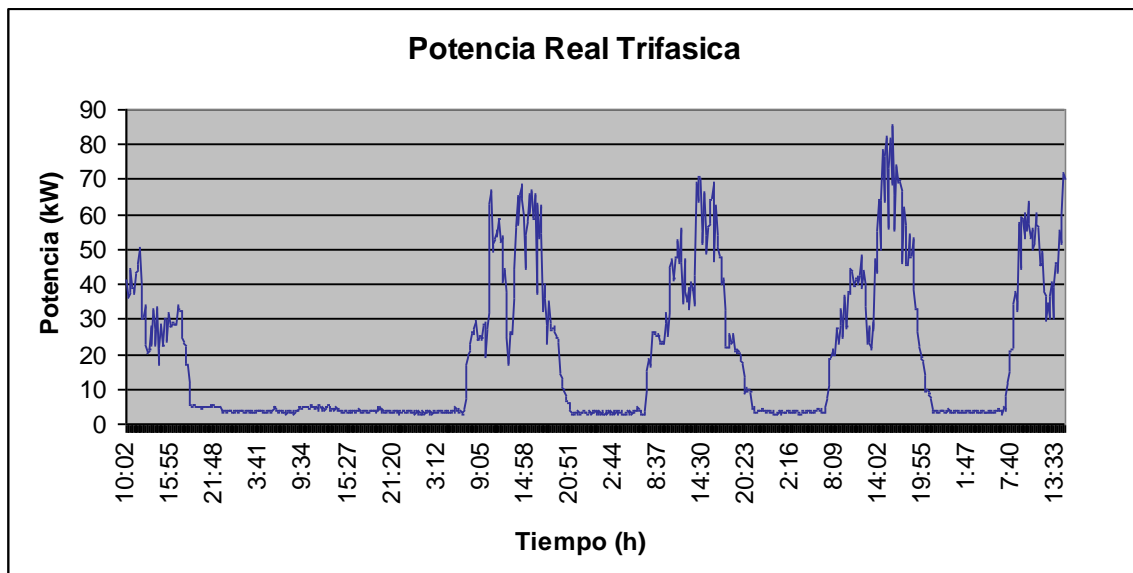
4.8.4 Potencia real o activa.

En la Subestación 1 la potencia registrada durante el periodo de medición, tuvo el siguiente comportamiento. La máxima potencia que se obtuvo durante el periodo de medición del mismo fue de 85.5 kW trifásico, la mínima potencia fue de 2.8 kW trifásico, resultando un promedio de 19.55 kW trifásico, como se muestran en la tabla siguiente.

Potencia	Fase A (kW)	Fase B (kW)	Fase C (kW)	Trifásico (kW)
Máxima	26.1	29.4	30	85.500
Mínima	0.6	0.8	1.2	2.800
Promedio	5.480	6.716	7.353	19.549

Tabla 4.44. Muestras de potencia por fase Subestación 1.

La gráfica 4.29 muestra la tendencia de la potencia trifásica, para tener una mayor idea del comportamiento general que tuvo en el periodo de medición.



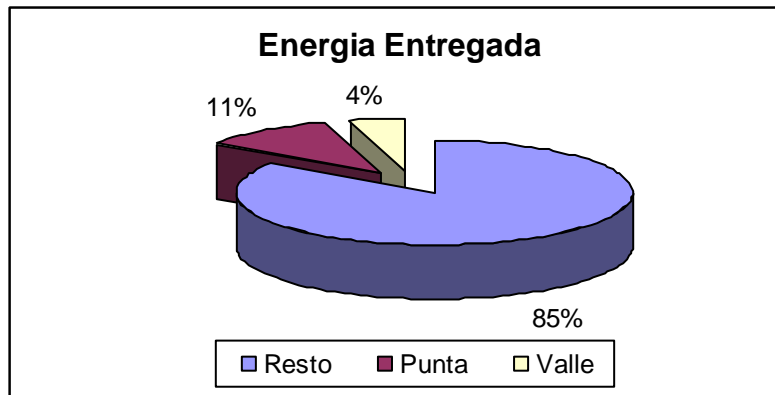
Gráfica 4.29. Comportamiento de la Potencia Trifásica en el periodo de medición Subestación 1.

4.8.5 Energía.

La energía que entregó la subestación de Eléctrica en el periodo de medición fue de la siguiente manera. En la hora resto se consumió 2048.85 kWh, en la hora punta 269.19 kWh y en la hora valle 105.06 kWh y el total de energía consumida fue de 2423.1 kWh.

Horas	Energía (kWh)
Resto	2048.85
Punta	269.19
Valle	105.06
Total	2423.1

Tabla 4.45. Energía consumida Subestación 1.



Gráfica 4.30. Consumo de Energía de Eléctrica Subestación 1.

Siendo así que la mayor parte de la energía entregada por la Subestación se da para las horas resto las cuales según el pliego tarifario son las de mediana tarifa ocasionando así el costo económico mensual aproximado detallado en la tabla siguiente:

Horas	Energía (kWh)	Tarifa	Costo (kWh/mes)
Resto	8195.4	0.101663	\$833.17
Punta	1076.76	0.108157	\$116.46
Valle	420.24	0.101514	\$42.66
Total	9692.4		\$992.29

Tabla 4.46. Costo de la Energía consumida según pliego tarifario junio 2006 Subestación 1.

En total la subestación de Eléctrica mensualmente esta entregando aproximadamente 9692.4 kWh con un costo total de energía consumida por los edificios y luminarias exteriores de \$992.29 dólares.

4.8.6 Porcentajes de cargas de subestación #1.

La subestación de Eléctrica que alimenta al edificio de comunicaciones, Eléctrica y Electrónica tiene una capacidad instalada de 501 kVA, el porcentaje de carga al cual ella opera se determina de la relación de los kVA promedio de las mediciones tomadas y los kVA instalada de la misma.

$$\%de_carga = \frac{kVA_medido}{kVA_instalado}$$

Para conocer el porcentaje de carga de la subestación 1, se obtuvo el valor máximo de la potencia real y su factor de potencia para calcular los kVA que esta suministra.

Potencia Trifásica Total (kW)	85.5
Factor de Potencia	0.912
Potencia Aparente (kVA)	93.75
Porcentaje de Carga (%)	18.713

Tabla 4.47. Porcentaje de carga de la Subestación 1.

En la tabla se muestra que el porcentaje de carga que los edificios le demandan a la subestación 1 es 18.713% es decir que ella esta cargada un 18% del 100% que puede suministrar.

4.9 Subestación #2. (Mecánica)

La Subestación de Mecánica se sometió a mediciones en el periodo del 9 al 17 de Marzo del 2007, siendo este un periodo representativo en el análisis de las variables de estudio. A continuación se presenta una descripción de los parámetros eléctricos de interés en el estudio del comportamiento eléctrico.

4.9.1 Factor de potencia.

El comportamiento que presentó el factor de potencia en la Subestación de Mecánica, se puede observar en la muestra de las mediciones realizadas, en el periodo antes mencionado²⁸.

En la Subestación 2 el factor de potencia promedio de las tres fases obtuvo una máxima de 0.986 y una mínima de 0.888 y dando así un promedio de 0.937, como se muestra en la tabla siguiente.

Factor de Potencia	
Promedio	0.937
Máxima	0.986
Mínima	0.888

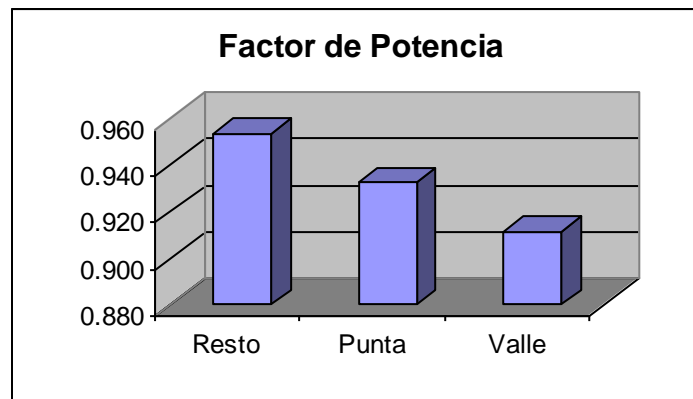
Tabla 4.48 FP de Subestación 2.

Para una mejor comprensión de cómo se comportó el FP se muestra a continuación los valores promedios, máximos y mínimos en cada una de las horas que conforman la curva típica de carga de la subestación 2.

²⁸ Ver anexo F.4.1

Horas	FP promedio	Máximo	Mínimo
Resto	0.954	0.986	0.899
Punta	0.933	0.976	0.903
Valle	0.912	0.936	0.888

Tabla 4.49 FP durante las 24 horas Subestación 2.

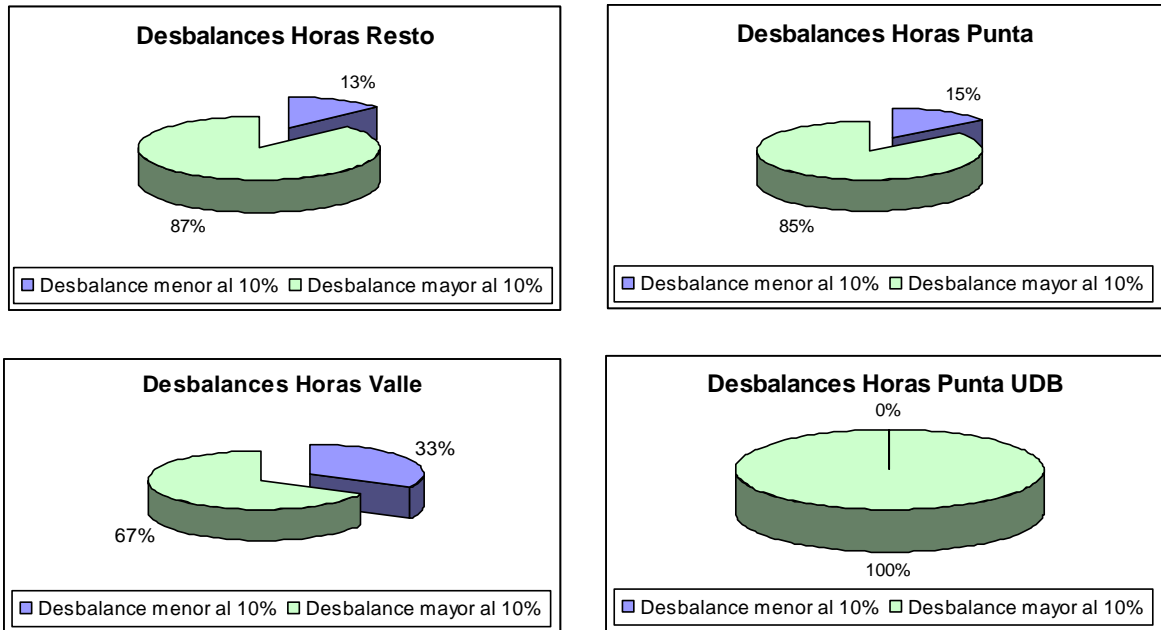


Grafica 4.31. Promedios de FP en las horas resto, hora punta y hora valle Subestación 2.

4.9.2 Corrientes.

En vista que la subestación 2 tiene una conexión estrella-estrella las corrientes de fase y de línea son las mismas y el comportamiento y desbalance que presentaron se describen a continuación²⁹.

²⁹ Ver anexo F.4.2



Grafica 4.32 Porcentaje de Desbalance de Corriente durante las 24 horas Subestación 2.

Como se observa en la gráfica 4.32 en las horas resto, las cuales están comprendidas de las 5:00 de la mañana a las 5:59 de la tarde, el 13% de ese tiempo las corrientes de fase presentaron un desbalance menor al 10% y el 87% de ese tiempo permanecieron con un desbalance superior al 10% esto para el periodo representativo que se tomo de medición.

Para la hora punta que comprende de las 6:00 de la tarde a las 10:59 de la noche, el 15% de las corrientes de fase, mantuvieron un desbalance menor al 10% y el resto, es decir, el 85% un desbalance superior al porcentaje antes especificado. Para interés del estudio, se toma una gráfica representativa de las horas punta UDB las cuales son de 6:00 a 8:00 de la noche, horas que se encuentra en operaciones los edificios que alimenta la Subestación 2, permaneciendo todo ese lapso en un desbalance superior al antes mencionado. En las horas valle, el 33% permaneció con un desbalance menor al 10% y el resto mayor al 10%.

4.9.3 Voltaje de fase y voltaje de línea.

La Subestación de Eléctrica recibe un voltaje primario de 23 kV voltaje línea a línea el cual alimenta tres transformadores monofásicos conectados en una configuración eléctrica estrella- estrella. Como se ha mencionado en párrafos anteriores, entregando así un voltaje secundario de 220 V línea a línea y un voltaje de fase de 120 V aproximados. En las gráficas de voltaje³⁰, como se puede observar, los voltajes de línea durante el periodo de medición se mantuvieron dentro de los márgenes superior e inferior establecidos para la clase de servicio que recibe la Ciudadela, son valores que se encuentran dentro del ± 7 del voltaje utilizado de acuerdo al acuerdo de calidad de energía de SIGET³¹.

Los voltajes de Fase se encuentran al límite del margen superior permitido, es decir el 7% arriba del nominal que es 128.4 V³².

4.9.4 Potencia real o activa.

En la subestación 2 la potencia registrada durante el periodo de medición, tuvo el siguiente comportamiento. La máxima potencia que se obtuvo durante el periodo de medición del mismo fue de 143.1 kW trifásico, la mínima potencia fue de 8.4 kW trifásico, resultando un promedio de 57 kW trifásico, como se muestran en la tabla siguiente.

Potencia	Fase A (kW)	Fase B (kW)	Fase C (kW)	Trifásico (kW)
Máxima	43.3	54.1	143.1	143.100
Mínima	2.9	2.1	8.4	8.400
Promedio	15.244	21.003	57.008	57.008

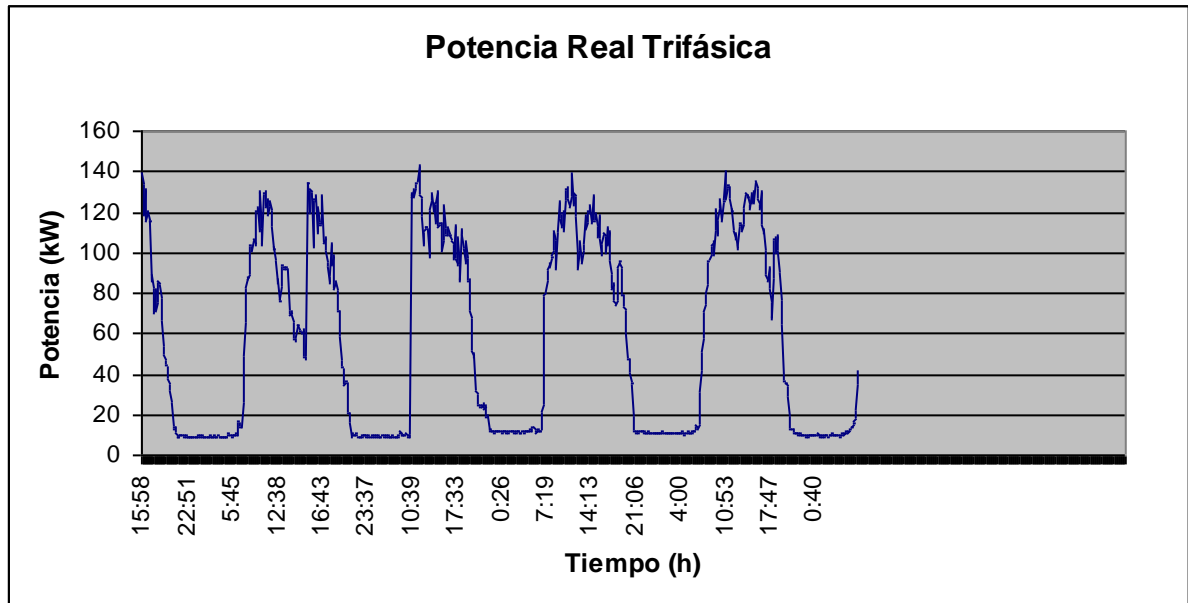
Tabla 4.50. Muestras de potencia por fase Subestación 2.

³⁰ Ver anexo F.4.3

³¹ Ver anexo A.4.5

³² Ver anexo F.4.3

La gráfica 4.33 muestra la tendencia de la potencia trifásica, para tener una mayor idea del comportamiento general que tuvo en el periodo de medición.



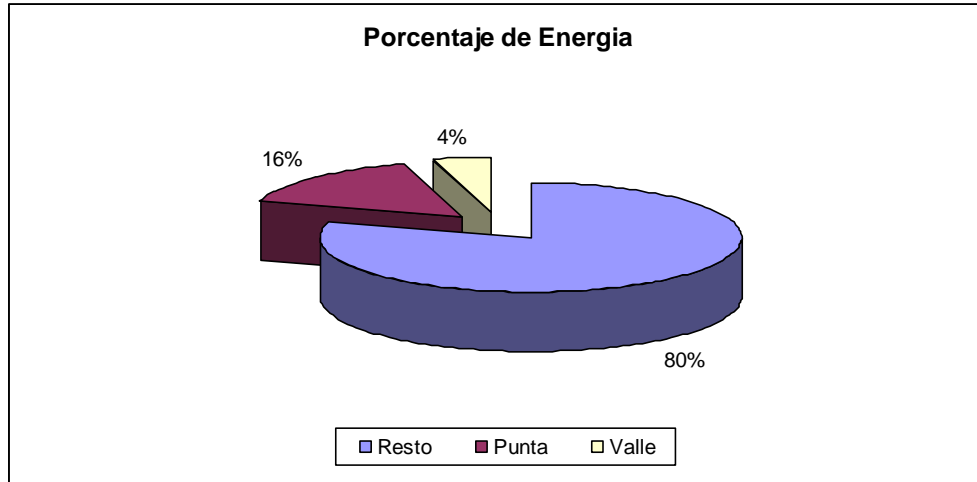
Gráfica 4.33. Comportamiento de la Potencia Trifásica en la Subestación 2.

4.9.5 Energía.

La energía que entrego la subestación de Mecánica en el periodo de medición fue de la siguiente manera. En la hora resto se consumió 5485.15 kWh, en la hora punta 1085.25 kWh y en la hora valle 300.85 kWh, el total de energía consumida por los edificios que alimenta la subestación fue de 6871.25 kWh.

Horas	Energía (kWh)
Resto	5485.15
Punta	1085.25
Valle	300.85
Total	6871.25

Tabla 4.51. Energía consumida Subestación 2.



Grafica 4.34. Consumo de Energía de Subestación 2.

Siendo así que la mayor parte de la energía entregada por la Subestación se da para las horas resto las cuales según el pliego tarifario son las de mediana tarifa ocasionando así el costo económico mensual aproximado detallado en la tabla siguiente:

Horas	Energía (kWh)	Tarifa	Costo (kWh/mes)
Resto	21940.6	0.101663	\$2,230.55
Punta	4341	0.108157	\$469.51
Valle	1203.4	0.101514	\$122.16
Total	27485		\$2,822.22

Tabla 4.52. Costo de la Energía consumida según pliego tarifario junio 2006 Subestación 2.

En total la Subestación de Mecánica mensualmente esta entregando aproximadamente 27485 kWh con un costo total de energía consumida por los edificios y luminarias exteriores de \$2822.22 dólares.

4.9.6 Porcentajes de carga de la subestación de mecánica.

La Subestación 2 que alimenta el Edificio de Mecánica, Soldadura y Metrología tiene una capacidad instalada de 501 kVA, el porcentaje de carga al cual ella opera se determina de la relación de los kVA promedio de las mediciones tomadas y los kVA instalada de la misma.

$$\%de_carga = \frac{kVA_medido}{kVA_instalado}$$

Para conocer el porcentaje de carga de la subestación 2, se obtuvo el valor máximo de la potencia real y su factor de potencia para calcular los kVA que esta suministra.

Potencia Trifásica Total (kW)	143.1
Factor de Potencia	0.957
Potencia Aparente (kVA)	149.53
Porcentaje de Carga (%)	29.85

Tabla 4.53. Porcentaje de carga de la subestación 2.

En la tabla se muestra que el porcentaje de carga que los edificios le demandan a la subestación 2 es 29.85% es decir que ella esta cargada un 30% del 100% que puede suministrar.

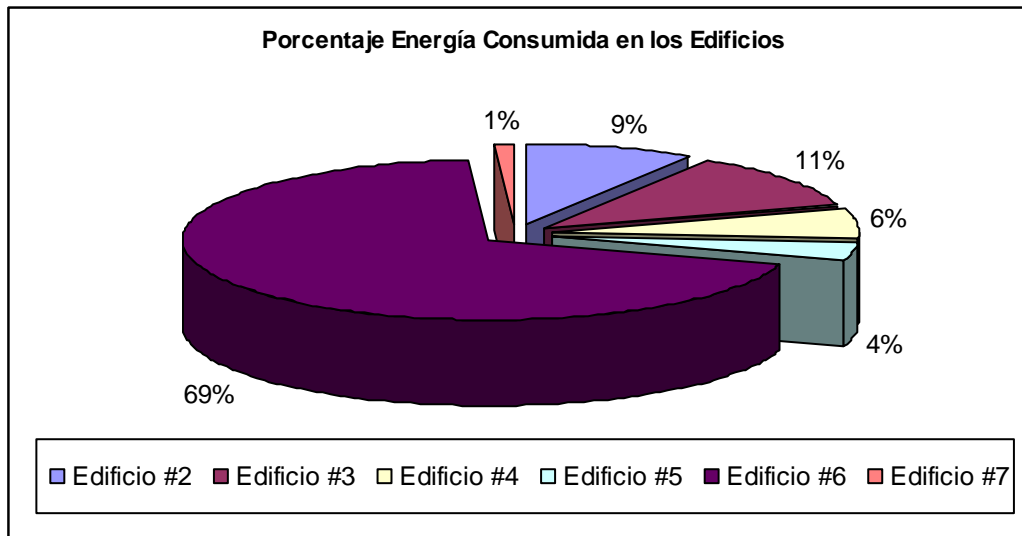
4.10 Resumen de energías por edificios.

En esta parte se resume la energía consumida por edificio, haciendo una comparación de la energía medida y la energía encontrada por medio del censo de cargas.

Edificios	Energía Medida (kWh/mes)	Energía Teórica (kWh/mes)
2	3327,68	5173,71
3	4155,28	4790,16
4	2198,8	3735,01
5	1441,44	5986,2
6	25645,28	18062,25
7	396,52	2521,41

Tabla 4.54 Consumo de energía por Edificios.

A continuación se presenta el porcentaje de energía consumida por edificio, tomando como base la energía medida.



Grafica 4.35. Consumo de Energía por Edificios en Porcentajes.

CAPÍTULO V

**V. METODOLOGÍA PARA PROPONER
RECOMENDACIONES DE AHORRO ENERGÉTICO.**

5.1 Generalidades.

Para lograr mejoras significativas de la eficiencia energética es necesario realizar cambios de equipos con tecnología desfasada a tecnologías de punta más eficientes, incrementar o crear periodos de mantenimiento al equipo que lo requiera, implementar sistemas de control automático para gestión energética, concientizar e involucrar al personal para establecer medidas orientadas al máximo aprovechamiento de los recursos energéticos. Con la finalidad de producir un beneficio económico a largo plazo por medio de la reducción de los costos de operación, como también a disminuir el consumo de energía eléctrica del país, lo cual se traduce en un ahorro de recursos no renovables como renovables.

Para definir un plan de eficiencia energética se deben conocer los edificios y equipos de mayor consumo, es decir equipos con mayor demanda, también se debe conocer el horario de uso y las horas en las cuales se presenta la mayor demanda de energía.

Después de haber realizado el levantamiento del censo de cargas y la medición de los parámetros eléctricos en los edificios del CITT se pudo identificar una serie de oportunidades de ahorro de energía.

La metodología utilizada para proponer recomendaciones de ahorro de energía fue:

- ✓ Realizar un análisis técnico económico para determinar el impacto que tiene el CITT en la factura total de la ciudadela, por medio del historial de recibos de la misma.
- ✓ Identificar los edificios donde se consume la mayor cantidad de energía, y demanda, como también identificar si existen bajos factores de potencia.

- ✓ Proponer alternativas de autogeneración de energía en las horas de mayor demanda.

5.2 Análisis del consumo de energía en el CITT por medio del historial de recibos Enero a Julio de 2007.

El análisis del consumo de energía del CITT, se realizó por medio de un historial de 7 meses, los meses fueron de enero del 2007 hasta julio del 2007¹, este historial corresponde al consumo de energía total de la Ciudadela Don Bosco el cual fue tomado del medidor 95079609 con multiplicador 2200 en medición primaria. Para conocer el porcentaje de energía que consume el CITT, se realizó una comparación de energía del historial con la energía censada en las 2 subestaciones que alimentan los edificios del CITT.

A continuación se presenta el historial de la Ciudadela Don Bosco de los meses antes mencionados.

Lecturas y consumos							
Tipos	actual	anterior	multiplicador	tarifa (\$/kWh)	consumo (kWh)	precio (\$)	total de energía (kWh)
punta	29.9	25.8	2200	0.101355	9020	914.222	66286
valle	20.03	16.9	2200	0.076547	6886	527.103	
resto	186.2	163.3	2200	0.097372	50380	4905.6	
demanda real	0.15	0.18	2200	4.843061	330	1598.21	
demanda	0.23		2200		506	2450.59	

Tabla 1. Lecturas y consumos del recibo de la Ciudadela Don Bosco del mes de enero.

¹ Fuente CAESS S.A.

Lecturas y consumos							
Tipos	actual	anterior	multiplicador	Tarifa (\$/kWh)	consumo (kWh)	precio (\$)	total de energía (kWh)
punta	37	29.9	2200	0.101355	15620	1583.17	106480
valle	24.4	20.3	2200	0.075547	9020	681.434	
resto	223.4	186.2	2200	0.097372	81840	7968.92	
demanda real	0.2	0.15	2200	4.843061	440	2130.95	
demanda	0.23		2200		506	2450.59	

Tabla 2. Lecturas y consumos del recibo de la Ciudadela Don Bosco del mes de febrero.

Lecturas y consumos							
Tipos	actual	anterior	multiplicador	tarifa (\$/kWh)	consumo (kWh)	precio (\$)	total de energía (kWh)
punta	44.9	37	2200	0.101355	17380	1761.55	128700
valle	28.7	24.4	2200	0.075547	9460	714.675	
resto	269.7	223.4	2200	0.097372	101860	9918.31	
demanda real	0.21	0.2	2200	4.843061	462	2237.49	
demanda	0.23		2200		506	2450.59	

Tabla 3. Lecturas y consumos del recibo de la Ciudadela Don Bosco del mes de marzo.

Lecturas y consumos							
Tipos	actual	anterior	multiplicador	tarifa (\$/kWh)	consumo (kWh)	precio (\$)	total de energía (kWh)
punta	52.46	44.9	2200	0.101355	16632	1685.736	108702
valle	32.96	28.7	2200	0.076547	9372	717.3985	
resto	307.29	269.7	2200	0.097372	82698	8052.47	
demanda real	0.22	0.21	2200	4.843061	484	2344.042	
demanda	0.23		2200		506	2450.589	

Tabla 4. Lecturas y consumos del recibo de la Ciudadela Don Bosco del mes de abril.

Lecturas y consumos							
Tipos	actual	anterior	multiplicador	tarifa (\$/kWh)	consumo (kWh)	precio (\$)	total de energía (kWh)
punta	60.5	52.46	2200	0.101355	17688	1792.767	129558
valle	37.6	32.96	2200	0.076547	10208	781.3918	
resto	353.5	307.29	2200	0.097372	101662	9899.032	
demanda real	0.22	0.22	2200	4.843061	484	2344.042	
demanda	0.23		2200		506	2450.589	

Tabla 5. Lecturas y consumos del recibo de la Ciudadela Don Bosco del mes de mayo.

Lecturas y consumos							
Tipos	actual	anterior	multiplicador	tarifa (\$/kWh)	consumo (kWh)	precio (\$)	total de energía (kWh)
punta	67.1	60.5	2200	0.101355	14520	1471.675	113960
valle	42	37.6	2200	0.076547	9680	740.975	
resto	394.3	353.5	2200	0.097372	89760	8740.111	
demanda real	0.22	0.22	2200	4.843061	484	2344.042	
demanda	0.23		2200		506	2450.589	

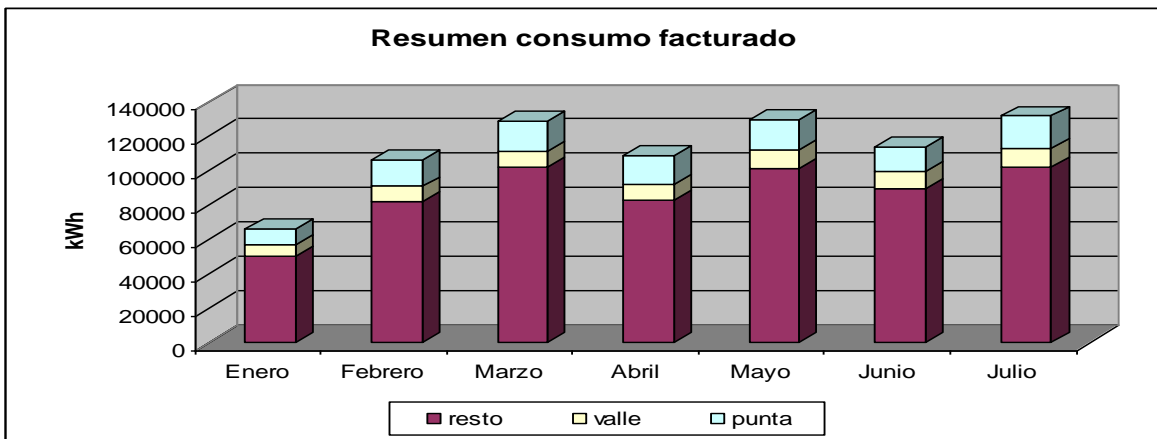
Tabla 6. Lecturas y consumos del recibo de la Ciudadela Don Bosco del mes de junio.

Lecturas y consumos							
Tipos	actual	anterior	multiplicador	tarifa (\$/kWh)	consumo (kWh)	precio (\$)	total de energía (kWh)
punta	75.6	67.1	2200	0.101355	18700	1895.339	131780
valle	46.9	42	2200	0.076547	10780	825.1767	
resto	440.8	394.3	2200	0.097372	102300	9961.156	
demanda real	0.23	0.22	2200	4.843061	506	2450.589	
demanda	0.23		2200		506	2450.589	

Tabla 7. Lecturas y consumos del recibo de la Ciudadela Don Bosco del mes de julio.

Por medio de estos historiales de consumo de energía, obtenidos de los recibos² de la Ciudadela Don Bosco se determinó la curva del comportamiento de la energía.

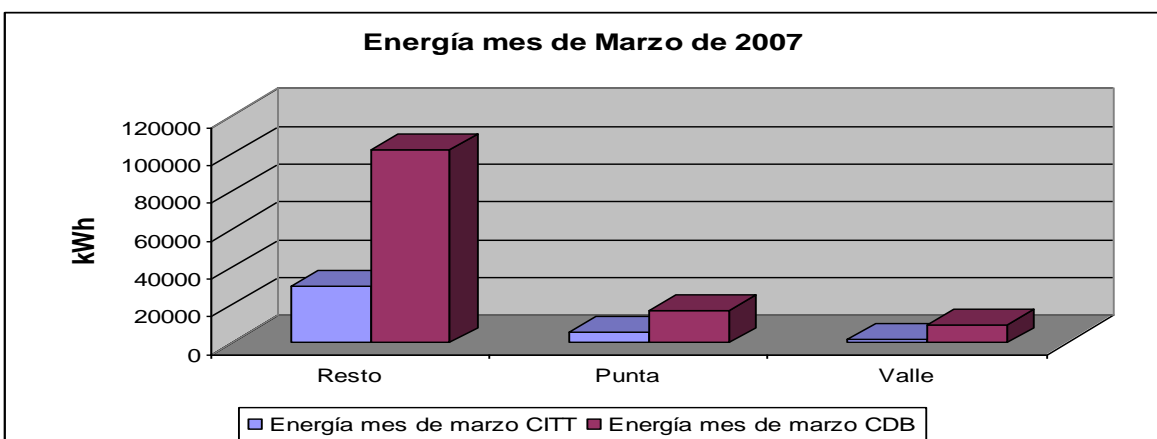
² Ver anexo 5.1



Gráfica 1. Consumo de energía en las diferentes horas de la curva típica de carga.

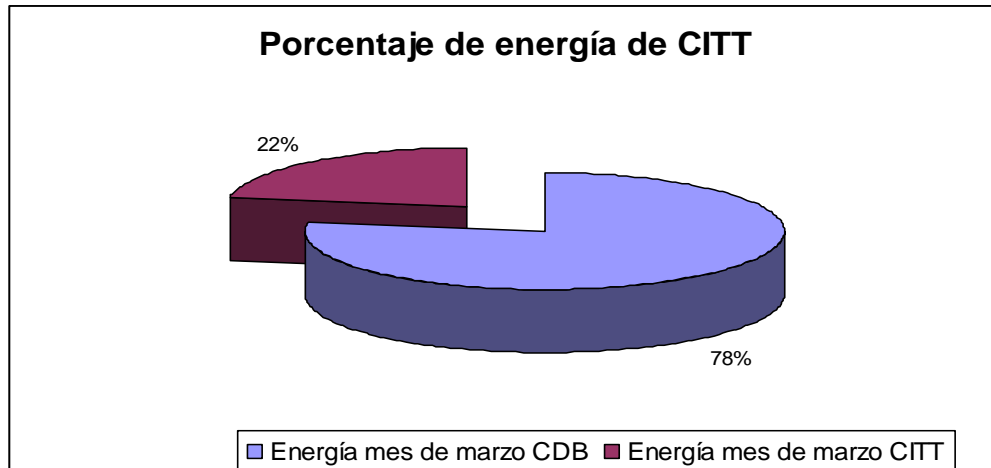
La gráfica anterior muestra la energía consumida de la Ciudadela Don Bosco de los 7 meses antes mencionados, haciendo énfasis en el consumo de energía en las horas resto, horas valle y horas punta. Por medio de esta gráfica podemos hacer una comparación de la energía de la ciudadela con respecto a la censada en el CITT para determinar el porcentaje del impacto que tiene el CITT en la factura de la Ciudadela Don Bosco.

Para obtener este porcentaje con un pequeño margen de error se comparó la energía del mes de marzo del 2007 del historial con la energía de la subestaciones, la cual fue censada en el mes de marzo del mismo año.



Gráfica 2. Energía de la Ciudadela Don Bosco vs. Energía del CITT.

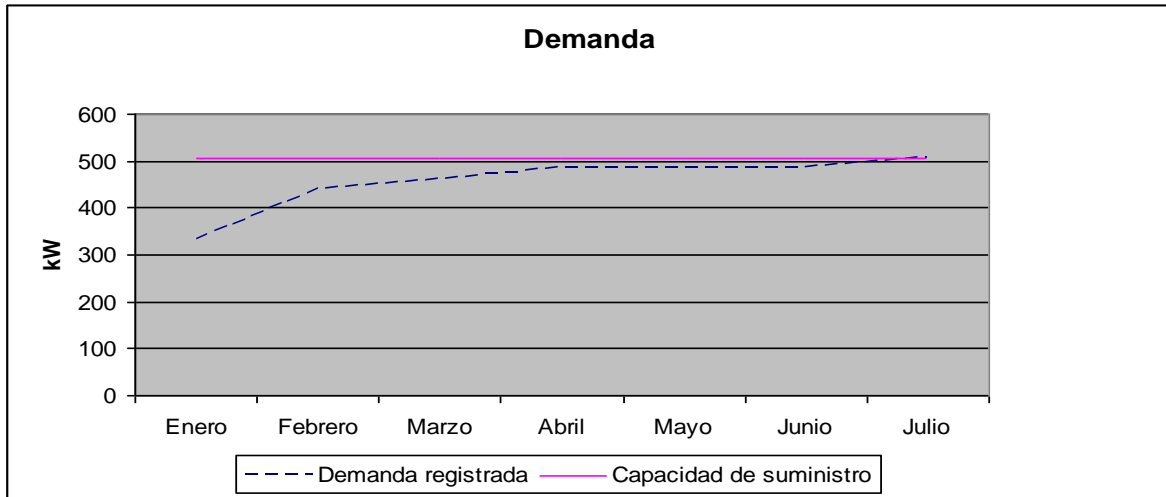
El porcentaje de energía que consume el CITT es de un 22% de la energía que consume la Ciudadela Don Bosco como se puede ver en la gráfica 3. Este porcentaje está basado en energía, más adelante se realizará otra comparación para determinar el porcentaje de impacto que tiene este en la demanda real de la Ciudadela Don Bosco.



Gráfica 3. Porcentaje de energías del CITT y CDB .P

La demanda de la ciudadela Don Bosco se comporta de la siguiente manera:

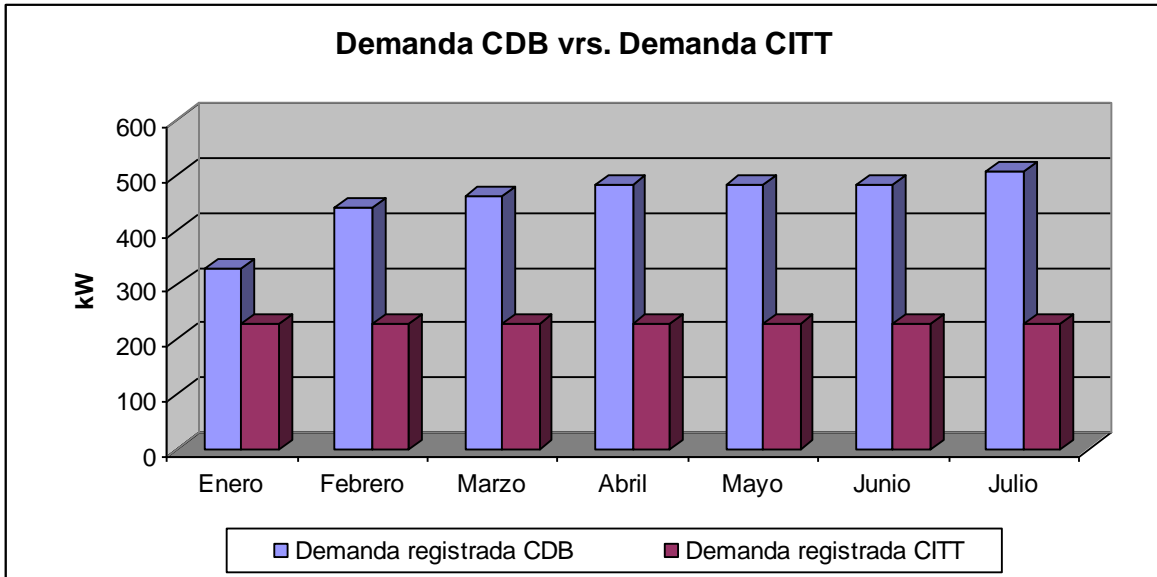
En la gráfica 4 se puede ver que de enero a abril del 2007 la demanda registrada es menor a la capacidad de suministro, a partir de mayo a julio la demanda registrada tiende a ser igual a la capacidad de suministro, si la gráfica mantiene esa tendencia para los próximos seis meses del año 2007 es posible que se sobrepase la capacidad de suministro y aumente la demanda de arrastre la cual aumenta los costos de facturación.



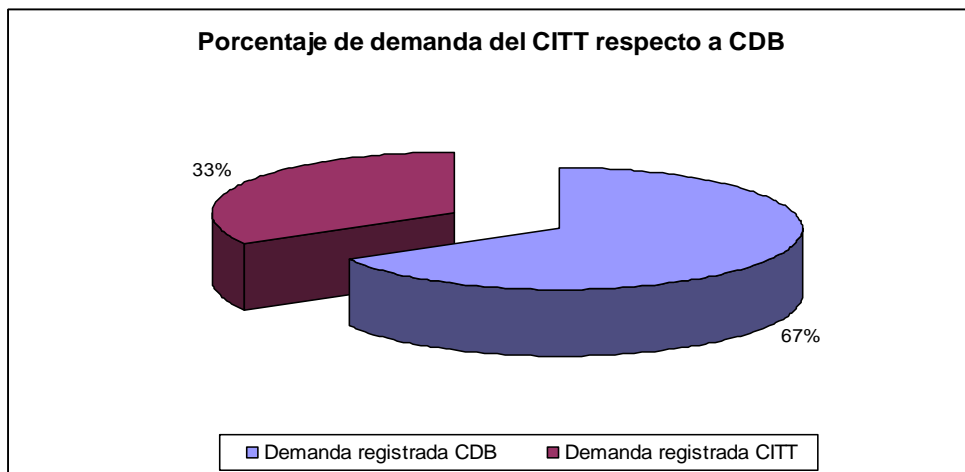
Gráfica 4. Demanda real y de arrastre de la Ciudadela Don Bosco de Enero a Julio del 2007.

En la gráfica 5, se muestra la demanda registrada de la ciudadela Don Bosco vs. la demanda registrada en el CITT por medio del censo de cargas. Como se había mencionado también se realizó una comparación con demandas para determinar el impacto que tiene el CITT en la factura total de la ciudadela.

Una de las consideraciones que hay que tomar en cuenta para esta comparación es que la demanda registrada del CITT se tomó en el mes de marzo al igual que la energía, y se asumió que en los 6 meses se iba a comportar de la misma forma, la gráfica 5 muestra esa tendencia. Para determinar el porcentaje, se realizó el promedio de la demanda registrada de la Ciudadela Don Bosco de los seis meses de la misma forma se hizo para la demanda registrada en el CITT con todas estas consideraciones se logró obtener el porcentaje que se muestra en el gráfica 6.



Gráfica 5. Demanda registrada CDB vs. Demanda registrada CITT.



Gráfica 6. Porcentaje de demanda del CITT respecto a la de la Ciudadela.

El porcentaje de demanda difiere del porcentaje obtenido por medio de las energías ya que el de la energía era un 22% y con la demanda nos da un porcentaje de 33%,

Este es el impacto que tienen los edificios de eléctrica, electrónica, comunicaciones, metrología, mecánica y soldadura en la factura de la Ciudadela Don Bosco tanto en demanda como en consumo de energía.

5.3 Determinar los edificios de mayor consumo de energía, máximas demandas, bajos factores de potencia.

5.3.1 Determinación de los edificios que presentan el mayor consumo de energía eléctrica.

Con el estudio de mediciones mencionado en el capítulo cuatro se pudo determinar que la energía en los Edificios se consume de la siguiente manera:

- ✓ Edificio #2. Comunicaciones, consumió 3338.17 kWh/mes
- ✓ Edificio #3. Electrónica, consumió 4155.28 kWh/mes
- ✓ Edificio #4. Eléctrica, consumió 2201.28 kWh/mes
- ✓ Edificio #5. Metrología, consumió 1442.04 kWh/mes
- ✓ Edificio #6. Mecánica, consumió 25645.28 kWh/mes
- ✓ Edificio #7. Soldadura, consumió 397.68 kWh/mes

Las subestaciones de servicio ubicadas en el CITT también fueron medidas, presentando una energía suministrada por cada una de ellas de:

- ✓ Subestación eléctrica, entregó 9694.72 kWh/mes
- ✓ Subestación mecánica, entregó 27485 kWh/mes

De lo anterior podemos concluir que el edificio que consume mayor energía eléctrica es el edificio de mecánica, con 25645.28 kWh/mes que como se determinó en el capítulo cuatro equivale al 69% de la energía total consumida, los edificios que le siguen son el de electrónica y comunicaciones. El total de energía que se consume en los 6 edificios es 37179.72 kWh/mes.

El mayor consumo de energía se observa que ocurre en las horas resto, en todos los edificios estudiados, de acuerdo a esto las oportunidades de ahorro estarán centradas en los edificios que demandan mayor consumo de energía.

5.3.2 Determinación de los edificios que presentan máximas demandas.

Por medio del censo de carga se realizó un estudio de las cargas de mayor demanda que poseen los edificios, como se presentó en el capítulo 2, las cargas son:

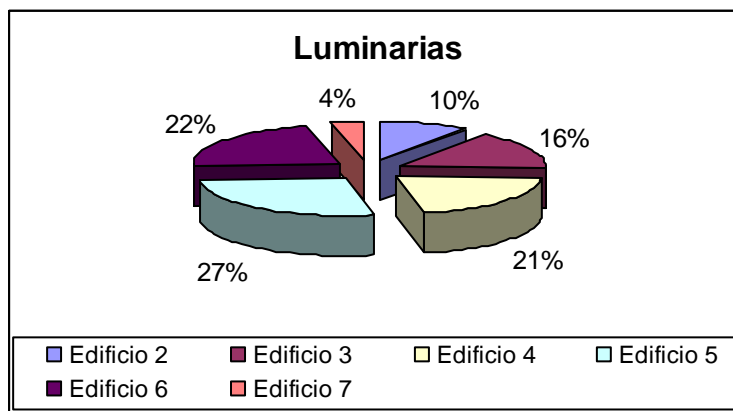
- ✓ Aires acondicionados
- ✓ Iluminación
- ✓ Computadoras
- ✓ Maquinaria industrial (esto para el edificio de mecánica).

Para proponer recomendaciones del uso de las mismas, se determinó cuantificar la potencia que se tiene por cargas antes mencionadas en cada uno de los edificios.

Respecto a la iluminación de los edificios se muestra una tabla de la potencia que se demandaría si se utilizan todas las luminarias instaladas.

Luminaria	
Edificio	Potencia (kW)
Comunicaciones	11.82
Electrónica	18.63
Eléctrica	24.53
Metrología	31.95
Mecánica	26.068
Soldadura	4.312

Tabla 1. Potencia instalada de luminarias en cada edificio.



Gráfica 1. Porcentaje de la potencia instalada de luminarias por edificio.

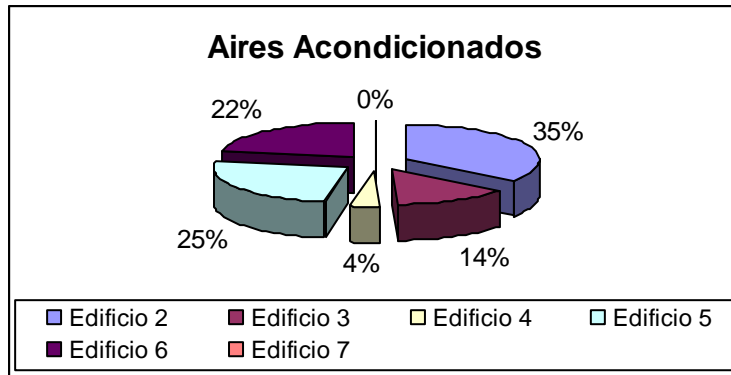
De lo anterior se puede decir que los edificios que tienen la posibilidad de mayor consumo en iluminación son:

- ✓ Edificio #5. Metrología
- ✓ Edificio #6. Mecánica
- ✓ Edificio #4. Eléctrica

De igual forma se muestra una tabla descriptiva de la potencia instalada en aires acondicionados, en cada uno de los edificios.

Aires acondicionados	
Edificio	Potencia (kW)
Comunicaciones	56.76
Electrónica	22.704
Eléctrica	5.81
Metrología	40.72
Mecánica	35.68
Soldadura	0

Tabla 2. Potencia instalada de aires acondicionados en cada edificio.



Gráfica 2. Porcentaje de la potencia instalada de aires acondicionados por edificio.

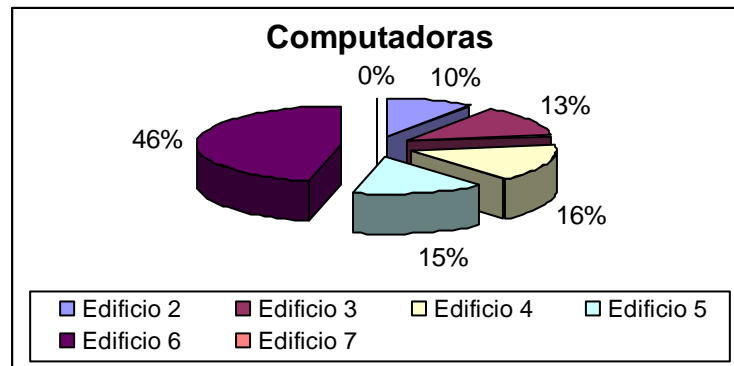
Se observa que los edificios que muestran mayor consumo en aires acondicionados son:

- ✓ Edificio #2. Comunicaciones
- ✓ Edificio #5. Metrología
- ✓ Edificio #6. Mecánica

También para la carga que representa las computadoras en los edificios se obtuvo la siguiente tabla:

Computadoras	
Edificio	Potencia(kW)
Computadoras	8.2
Electrónica	11.2
Eléctrica	13.6
Metrología	12.4
Mecánica	39.4
Soldadura	0

Tabla 3. Potencia instalada de computadoras en cada edificio.



Gráfica 3. Porcentaje de la potencia instalada de computadoras por edificio.

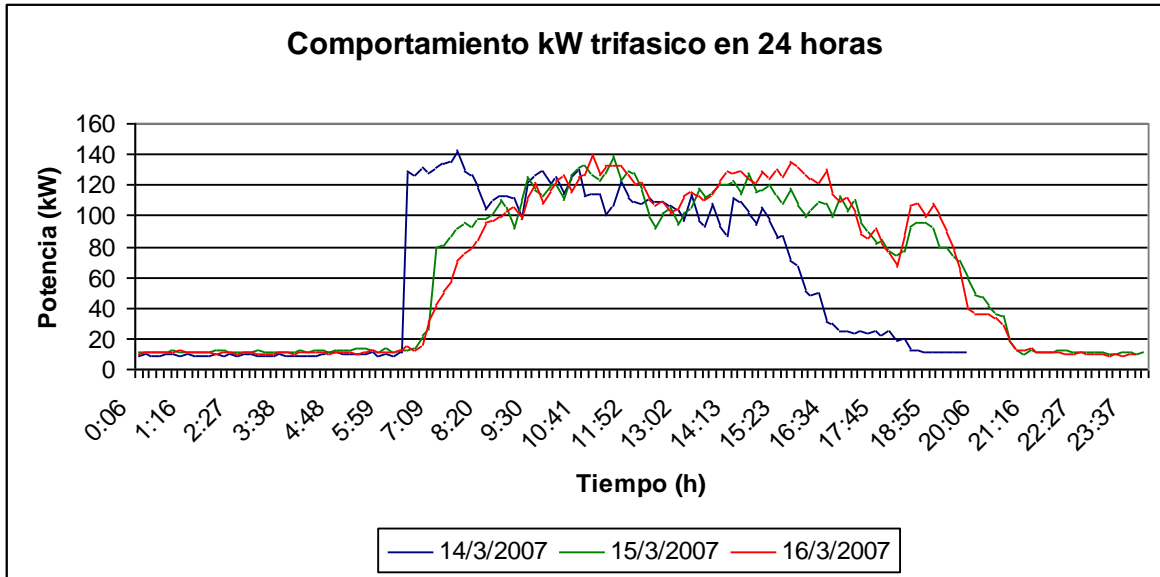
De los seis edificios en estudio se puede decir que los que poseen mayor consumo de energía por equipos de computación son:

- ✓ Edificio #6. Mecánica
- ✓ Edificio #4. Eléctrica
- ✓ Edificio #5. Metrología

En cuanto a maquinaria industrial, el único edificio que presenta dicha carga es el de Mecánica, donde dentro de él se encuentran las fresadoras, esmeriles, tornos y todo el equipo necesario para las prácticas de mecánica.

Los edificios que más demandan potencia son: Metrología y Mecánica, en este último predomina las cargas considerables. Ambos edificios son alimentados por la subestación #2 mecánica.

El comportamiento de potencia en la subestación #2 durante las 24 horas del día fue de la siguiente manera:



Gráfica 4. Potencia durante las 24 horas del día en la subestación #2.

En la subestación #2 la potencia como la energía mantiene sus valores altos durante el periodo de horas resto, y tiende a sobre pasar los 100 kW en los siguientes horarios: de 8:30 a.m. a 12:00 m. y de 2:30 p.m. a 5:35 p.m.

Por esta razón las recomendaciones de ahorro de energía se harán para los cuatro tipos de cargas mencionadas con anterioridad.

5.3.3 Determinación de las máximas demandas de potencia por medio de las mediciones en los edificios y subestaciones.

La demanda máxima registrada para determinar la contribución con respecto a la demanda real registrada de la Ciudadela Don Bosco.

Las horas en las cuales ocurrieron picos de potencia en cada uno de los edificios fueron:

Edificio	Tablero 1		Tablero 2	
	Potencia (kW)	Hora	Potencia (kW)	Hora
Comunicaciones	30.7	12:56	4.6	09:09
	24.7	17:56	4.8	14:11
	24.7	15:00	4.7	11:47
Eléctrica	7.8	12:37	5.2	14:40
	7	08:39	5.8	16:31
	8.1	11:43	4.3	07:32
	8.9	14:35	5.8	18:58
	7.4	18:37	-	-
	7.4	07:53	-	-
	8.1	11:25	-	-
	8.3	15:27	-	-
	7.2	08:36	-	-
8.7	14:29	-	-	
Metrología	2	16:31	-	-
	1.8	17:43	-	-
	2	16:45	-	-
Soldadura	4.8	09:34	-	-
	6.9	13:27	-	-

Tabla 4. Picos de potencia de los edificios medidos

De acuerdo a la tabla anterior, la demanda máxima se da en 3 diferentes horas del día repitiéndose esta tendencia en el tiempo de medición, las horas registradas son:

- ✓ Mañana 8 – 9 AM
- ✓ Tarde 1 – 3 PM
- ✓ Noche 5 – 6 PM

La demanda máxima registrada en las subestaciones se presenta en la siguiente tabla:

Subestación #1 eléctrica		Subestación #2 mecánica	
Potencia (kW)	Horas	Potencia (kW)	Horas
66,8	10:26	130,1	10:07
68,4	14:28	130	10:47
67,2	15:49	134,4	14:42
65,2	16:19	143,1	11:50
70,1	14:20	138,8	11:21
81,7	15:32	140,2	10:53
82,2	15:02	135,3	15:35
85,5	15:53	128,5	15:53

Tabla 5. Demanda máxima en las subestaciones del CITT.

Donde los lapsos de horas en que se muestran las máximas demandas se dividen en grupos al igual que en los edificios.

Para la subestación #1:

- ✓ Mañana 11 – 12 AM
- ✓ Tarde 2 – 4 PM

Para la subestación #2:

- ✓ Mañana 10 – 12 AM
- ✓ Tarde 2 – 3 PM
- ✓ Noche 5 – 6 PM

5.3.4 Edificios que presentan bajos factores de potencia.

Con el análisis realizado en el capítulo cuatro se determinó que el factor de potencia promedio se mantuvo por valores inferiores a los 0.9, el cual es el valor mínimo aceptable. A continuación se resume el comportamiento del factor de potencia de cada edificio.

En el edificio #2, el factor de potencia permanece entre el rango de 0.8 y 0.9, pero el mismo decae a valores entre 0.4 y 0.5 en ciertas horas del día, las horas en las que ocurren dicho efecto es de las 16:30 hasta la mañana del día siguiente, aunque se observó que en ciertos días de la semana de medición el FP durante la noche fue unitario.

El edificio #4 el factor de potencia promedio en general se mantiene entre 0.75 y 0.85, pero de igual forma que en el edificio #2 el FP decae a 0.5 y 0.6, en las horas en que ocurre la baja de FP es de 17:30 hasta las 20:30 de ahí el resto de la noche regresa a los valores de 0.75 a 0.85.

Para el edificio #5 el factor de potencia no presenta un comportamiento uniforme en la mayoría del tiempo el FP es entre 0.8 y 0.9, tiene bajos valores de FP por lapsos muy cortos y no presenta un horario repetitivo.

En general los edificios mencionados tienen un bajo factor de potencia. Los puntos de medición presentaron factores de potencia menores a 0.9, los horarios frecuentes que se observan en conjunto es que el factor de potencia tiende a bajar en las horas de la tarde-noche, es decir, de las 17:30 que es cuando se utiliza la mayoría de luminarias.

Para dar solución a este problema, sería impráctico y mucho más costoso el diseñar bancos de capacitores para compensar individualmente a cada edificio, por lo mismo se ha decidido observar el comportamiento del factor de potencia desde las fuentes de alimentación principales en las subestaciones.

En la subestación #1 eléctrica, el factor de potencia en la mayoría del tiempo de medición se mantiene en valores superiores a 0.9, en los lapsos en que el factor de potencia tiende a ser menor de 0.9 es en las horas de la noche.

En la subestación #2 mecánica, el factor de potencia en todo el periodo de medición no es inferior a 0.9 por lo que se puede afirmar que en esta subestación no presenta problema de bajo factor de potencia.

Por lo anterior, las recomendaciones de mejora del factor de potencia se harán únicamente para la subestación de eléctrica.

5.4 Formas de autogeneración en las horas de mayor demanda.

Las empresas en general en vista del aumento de la energía eléctrica en El Salvador, optan por buscar métodos de autogeneración que les ayude a minimizar sus costos.

Existen muchas formas de autogeneración de energía ya sea por medio de energía renovables, como no renovables. Las energías renovables como la fotovoltaica³, biomasa entre otras, pueden ser de los mejores métodos de generación con el inconveniente de que implementar un sistema de generación renovable implica un alto costo de inversión, en donde muchas empresas no cuentan con ello o no están dispuestas a invertir.

Pero en vista de que el CITT ya posee una planta de emergencia, no se tendría que hacer una inversión inicial para obtener una forma de autogeneración de energía, solo habría que estudiar las características de la planta para poder saber si sería factible la operación de ésta en las horas de mayor demanda.

5.4.1 Características de la planta de emergencia.

La planta de emergencia de la subestación de mecánica del CITT, funciona por medio de diesel, tiene un tanque de combustible de 132 galones de

³ Para reforzar la generación renovable se puede referir a la tesis “Diseño y propuesta de un sistema de generación de energía eléctrica por medio de módulos fotovoltaicos con capacidad de conexión en paralelo al circuito alimentador para ser aplicado en el edificio Ex – sum de la Universidad Don Bosco” año 2004.

capacidad. La marca es CATERPILLAR y tiene una capacidad de 205 kW, pero ésta únicamente se utiliza en casos de emergencia para brindar energía a algunas zonas del CITT como son el centro de cómputo, Metrología, laboratorio CISCO, Aula magna C e iluminación exterior, de lo anterior podemos decir que ésta no está siendo utilizada al 100%, la cual la podemos utilizar para las horas de mayor demanda de energía de la subestación #2.

En una prueba realizada el 30 de julio del 2007, se observó que en seis horas de operación con la carga que actualmente está instalada el tanque de combustible bajó 30 cm, por lo que se puede decir que la planta baja 5 cm por hora de operación lo cual equivale a 4.396 galones de diesel por hora.

El precio del diesel es de \$2.99 dólares por galón⁴, por lo tanto una hora de generación de la planta equivale a \$13.14 dólares, para la determinación del costo de generación por kWh, se utiliza la potencia promedio que la subestación de mecánica demanda que es de 125 kW, por lo tanto el costo de operación es de 0.10512 \$/kWh.

Planta de emergencia	
Potencia aparente	256 kVA
Potencia Real	205 kW
Cos ϕ	0,8
Frecuencia	60 Hz
Voltaje	480 V
Corriente	8,8 A
r.p.m	1800
Temperatura máxima	105 °C
Capacidad del Tanque	132 galones
Consumo de Diesel	4.39 galones/h
Costo	0.10512 \$/kWh

Tabla 6. Cuadro resumen de características del grupo electrógeno del CITT.

⁴ Ver anexo 5.2

CAPÍTULO VI

VI. OPORTUNIDADES DE AHORRO DE ENERGÍA

6.1 Generalidades.

Es posible ahorrar energía haciendo uso eficiente de los diferentes equipos eléctricos, ya sea equipo industrial como equipo de oficina. A continuación se presentan algunas recomendaciones generales para obtener oportunidades de ahorro de energía en las cargas que demandan un mayor consumo en los edificios estudiados, es decir las cargas que tienen una mayor relevancia en el consumo de energía.

6.2 Aires acondicionados.

Estos sistemas consumen más energía que cualquier otro equipo esto debido al tiempo en que son utilizados, por lo que es importante verificar que se encuentre en óptimas condiciones, un plan de mantenimiento adecuado junto con una regulación cuidadosa del termostato puede reducir un gran porcentaje el consumo de energía de éste.

Para sustentar lo antes mencionado se presenta un modelo para estimar los posibles ahorros de energía al reducir la temperatura de los aires acondicionados¹.

Según el modelo un aumento de la temperatura del ambiente acondicionado de 18 a 24°C produce para una temperatura exterior de 30°C un ahorro de energía del 40% durante la noche. Es decir se consume un 40 % menos en acondicionamiento de aire.

La cifra relativa del 40% de ahorro se refiere a un modelo donde se asocia a cada persona un ambiente tipo y ciertas humedades relativas al exterior e interior. Es probablemente conservativa para días calurosos en horas pico.

¹ www.ambitoweb.com/seccionesespeciales/suplementos/nacional/noticia.asp

El modelo consiste en lo siguiente, a cada usuario se le asigna:

- ✓ Una superficie de pared 28 m² de ladrillo cerámico de espesor x ($x=30$ cm para las conclusiones numéricas) y una superficie de vidrio de 2 m² y 3mm de espesor.
- ✓ Cada usuario se encuentra en reposo y disipa una potencia de unas 106 kcal/h (123W).
- ✓ Además hay en el ambiente, por cada usuario una potencia disipada por artefacto de 75 W.
- ✓ La humedad relativa exterior es del 80% y la del interior del 50%.
- ✓ Hay una renovación de aire de 15 m³/h.

Con estas suposiciones se tiene que aproximadamente F , es el calor que debe extraerse del recinto, por cada usuario, ver gráfica 1.

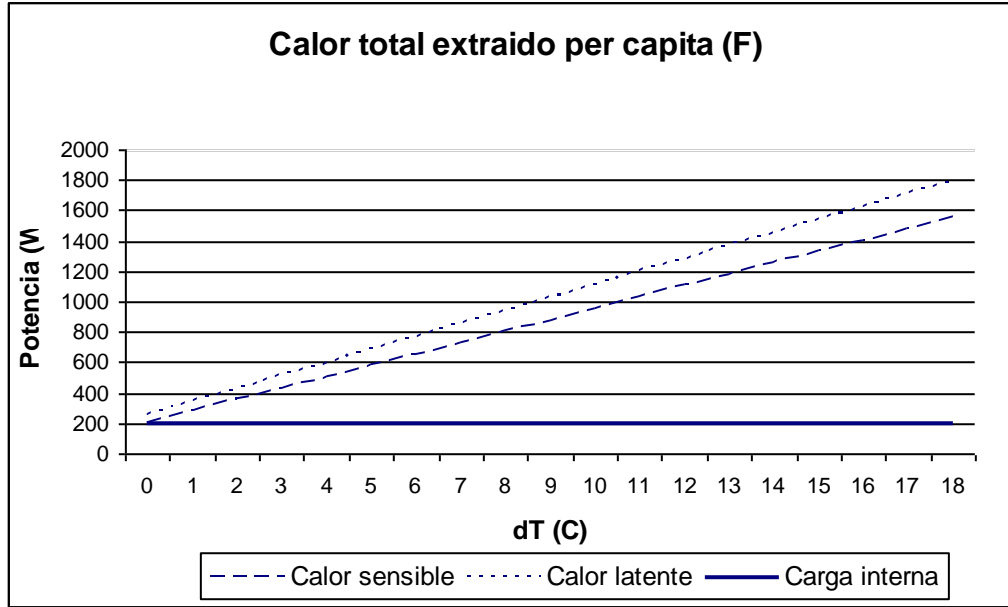
$$F = A\delta T + B$$

Donde: δT es la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior.

Siendo: x el espesor de la pared (de ladrillo cerámico en cm) los coeficientes A y B son:

$$A = \frac{100W/^{\circ}K}{-0.00016262cm^{-2}x^2 + 0.02721294cm^{-1}x + 0.51550096}$$

$$B = 251W$$



Gráfica 1: Modelo de la ecuación de extracción de calor del recinto por individuo y los componentes de la misma.²

La potencia requerida (en watts) resulta entonces:

$$P = \frac{F}{COP}$$

Donde: el COP (Coefficient of Performance) puede tomarse típicamente para equipos domiciliarios como 2,5. Usando este valor y suponiendo $x=30$ cm tenemos:

$$F = 84 \frac{W}{^{\circ}C} \delta T + 251W$$

$$P = 34 \frac{W}{^{\circ}C} \delta T + 100W$$

² La carga interna tiene a su vez una componente de calor latente debido a que las personas humedecen el ambiente a través de la respiración y transpiración.

Según el modelo propuesto hay un incremento en el consumo del orden de 34W por usuario y grado de aumento de la diferencia temperatura del ambiente acondicionado con el exterior.

- ✓ El dimensionamiento de la unidad es de vital importancia cuando se trata de un sistema central. En los sistemas centrales debe ajustarse el ventilador para apagarse al mismo tiempo que la unidad de enfriamiento (compresor); es decir, no debe usarse el ventilador central del sistema para hacer circular el aire y en cambio deben usarse ventiladores de circulación en las áreas individuales.
- ✓ Regular el termostato a la temperatura más alta posible que sea cómoda (entre 18° y 25° C).
- ✓ Sustituir o limpiar los filtros de cada una de las unidades una vez al mes o según sea necesario.
- ✓ Aislar o sellar los conductos en los espacios no acondicionados con los materiales adecuados.
- ✓ No colocar fuentes de calor cerca del termostato como lo son: cafeteras, fotocopiadoras, hornos, entre otros.
- ✓ Plantar árboles o arbustos que proporcionen sombra a la unidad de aire acondicionado, asegurándose de no interrumpir el flujo de aire, otra alternativa es la construcción de estructuras que proporcionen sombra a las unidades. Una unidad que funciona en la sombra consume hasta un 10% menos de energía que cuando funciona a pleno sol³.

³ www.eren.doe.gov/energy_savers/ El ahorro de energía: sugerencias para ahorrar energía y dinero en el hogar.

- ✓ Considerar el uso de termostatos programables para reducir el horario de uso del sistema de aire acondicionado y evitar que funcione a tempranas horas de la mañana o en un horario nocturno.
- ✓ Diseñar un programa de mantenimiento preventivo de los equipos, para que su rendimiento de operación se aproxime a su rendimiento nominal, es decir, se logre una alta eficiencia.
- ✓ Sellado de rendijas, ventanas y demás orificios en los cuales pueda haber fuga de aire.
- ✓ Instalar vidrio reflejante o láminas plásticas en las ventanas para disminuir la ganancia de calor por radiación solar.
- ✓ Colocar persianas o cortinas en las ventanas de colores claros.
- ✓ Instalar toldos o crear voladizos para sol en las ventanas.
- ✓ Encender el equipo de aire acondicionado de 5 a 10 minutos antes de que entre el personal.
- ✓ Concientizar al personal para que apague el equipo de aire acondicionado al terminar la jornada laboral.
- ✓ En el caso de los centros de computo se recomienda apagar las computadoras si no están siendo utilizadas, y de esta forma reducir la carga térmica del equipo.

6.3 Computadoras.

Las computadoras forman un rubro cada vez más importante en la demanda de energía eléctrica, esto se debe a que forman parte fundamental en casi todos los procesos manufactureros así como en instituciones de educación y demás empresas en general.

La mayoría de computadoras cuentan con software que permiten configurar el uso del monitor y los discos duros para funcionar en modo de ahorro de energía, sin embargo muchas veces estas opciones no han sido habilitadas por los usuarios o no son de su conocimiento, por lo que es necesario verificar que todos los equipos tengan activas dichas opciones e informar a los usuarios del uso de estas herramientas.

- ✓ Apagado automático del monitor, esta opción apaga el monitor después de un tiempo de inactividad determinado por el usuario, disminuye el consumo de energía hasta en un 40 %, también se puede realizar un cambio del monitor por uno de pantalla LCD para ahorro de energía⁴.
- ✓ Desactivación automática de los discos duros, desactiva los discos duros del computador después de un tiempo de inactividad determinado por el usuario, disminuye el consumo de energía hasta en un 10%.
- ✓ En muchos equipos de oficina como computadoras, scanners, impresores, entre otros, siguen utilizando energía aún permaneciendo en estado de apagado por lo que se recomienda utilizar equipos que cuando se encuentren en estado apagado rompan el circuito físicamente. A continuación se muestra una tabla de recomendación de eficiencia de equipo de oficina.

⁴ Ver anexo 6.5

Recomendaciones de eficiencia		
Tipo producto	Niveles recomendado en modos de espera	Mejores niveles disponibles en modo de espera
Computadora de escritorio	2 watts o menos	1 watt o menos
Computadora integrada	5 watts o menos	3 watts o menos
Computadora portátil (Laptop)	1 watt o menos	1 watt o menos
Monitor de computadora	1 watt o menos	1 watt o menos
Impresora	1 watt o menos	1 watt o menos
Copiadora	1 watt o menos	1 watt o menos
Scanner	1 watt o menos	1 watt o menos
Fax/Impresora	2 watts o menos	1 watt o menos
Puertos	2 watts o menos	1 watt o menos

Tabla 1. Recomendaciones de eficiencias de equipos de oficina.

- ✓ No debe de confundirse que la instalación de un protector de pantalla como un sistema de ahorro de energía, ya que los protectores de pantalla consumen tanto como un programa de Windows, se ha comprobado en el proyecto Efforts que el único protector de pantalla que ahorra algo de energía es el que deja la pantalla en negro (configuración en modo “Blank Screen”). Esto proporciona un ahorro de 7.5 W, frente a cualquier otro con animación en el monitor.
- ✓ Apagar las computadoras en los momentos que éstas no se estén utilizando, puesto que la potencia que normalmente consumen es de aproximadamente 200 W. Con base al censo realizado sabemos que por ejemplo en el edificio de comunicaciones hay alrededor de 41 computadoras, si una de estas computadoras permanece encendida sin ser utilizada durante una hora cada día laboral, le representa al CITT un consumo de energía de 4.4 kWh/mes aproximadamente.
- ✓ Las computadoras que se utilizan para interconectar otras computadoras para formar un sistema de red de área local se denominan servidores, y

por lo general éstos operan las 24 horas del día, por lo que minimizar el número de servidores de red proporciona un gran ahorro de energía.

- ✓ Los monitores de los servidores no son utilizados la mayor parte del tiempo, por lo que se recomienda mantenerlos apagados mientras los mismos no sean utilizados.

6.4 Iluminación.

6.4.1 Aplicación de los niveles de iluminación recomendados.

Existen niveles de iluminación establecidos por diferentes organismos para cada tipo de actividad. Si se sobrepasan los valores recomendados, se tendrá, evidentemente, un consumo energético mayor. Si, por el contrario, se reducen los estándares de iluminación, se conseguirá un ahorro energético, pero se producirá una serie de inconvenientes, tales como fatiga visual, pérdida de confort, disminución de actividad, etc.; este tipo de problemas no hacen aconsejable tal reducción de los niveles de flujo luminoso.

6.4.2 Obtención de los niveles de iluminación necesarios con la mínima potencia instalada.

Ello puede conseguirse aplicando las siguientes reglas básicas:

- ✓ Diseño correcto del sistema de alumbrado, el sistema de alumbrado debe diseñarse de tal modo que se consiga el nivel de iluminación y la calidad de la luz de la forma más eficiente.

Debe decidirse si se instala un sistema de alumbrado general o localizado o, quizás, uno mixto. Por otra parte, deben tenerse en cuenta factores de geometría, mantenimiento, flexibilidad, aporte parcial de la luz diurna, entre otros.

- ✓ Utilización de la fuente de luz idónea más eficaz, deben utilizarse lámparas de elevada eficiencia luminosa, pero considerando las exigencias de calidad de la luz de la zona por iluminar. Es decir, la elección deberá basarse no sólo en el rendimiento energético sino también en las propiedades de reproducción de color.
- ✓ En el caso de instalaciones existentes, debe estudiarse la posibilidad de sustituir las lámparas actuales por otras más eficientes. En este sentido, se recomienda sustituir bombillos incandescentes por fluorescentes. Además este tipo de lámparas tienen una vida útil de aproximadamente 6000 horas, lo que equivale a seis veces más que la incandescentes.
- ✓ Reemplazar lámparas fluorescentes antiguas (38 mm de diámetro) por otras más eficientes (26 mm de diámetro), que puede ser de dos tipos:
 - a) Estándar: Aquellas que dan el mismo flujo luminoso que las convencionales, pero con menos potencia.
 - b) De Trifósforo: Éstas brindan, para la misma potencia que las estándar, más flujo luminoso, por lo que se vería reducido el número de lámparas necesarias para un mismo nivel de iluminación; además su vida útil es superior. Por lo tanto, no son aconsejables para sustituir sólo una lámpara sino únicamente cuando se realice un cambio masivo.
- ✓ Reemplazar lámparas de vapor de mercurio por fuentes de luz de vapor de sodio de alta presión.
- ✓ Utilización eficiente del flujo luminoso de la lámpara, la utilización eficiente del flujo luminoso emitido por la lámpara viene condicionada por el factor de utilización el cual depende del tipo de

luminarias empleadas, de la forma del local y de las reflectancias de paredes, techos y suelos.

En consecuencia, deben utilizarse luminarias que permitan que la mayor parte posible del flujo de la lámpara alcance el plano de trabajo. Por tanto, debe considerarse no sólo el rendimiento de la luminaria ya que ésta puede ser muy eficiente, sino que debe emitir la luz en todas direcciones. Conviene pues emplear los sistemas de alumbrado de más alto rendimiento, principalmente el directo, y siempre que se pueda el intensivo.

- ✓ Mantenimiento del equipo de alumbrado, con el transcurso del tiempo, las lámparas van perdiendo eficiencia por envejecimiento. Por otra parte, tanto en las lámparas como en las luminarias se va acumulando polvo, lo que trae como consecuencia una reducción del flujo luminoso que llega al plano de trabajo.

En un tubo fluorescente, por ejemplo, la pérdida de rendimiento por envejecimiento es relativamente pequeña, oscilando entre un 2 y un 3% cada 1000 h, el efecto de deficiencia por polvo o suciedad de las lámparas y de los reflectores es muy superior. Así en un tubo fluorescente, por ejemplo, la pérdida de rendimiento por suciedad incluyendo el propio envejecimiento, se sitúa normalmente entre un 15 y 20% cada año, pudiendo ser muy superior en ciertos casos extremos. Por tanto, deben plantearse programas de renovación periódica de lámparas y de limpieza.

- ✓ Utilización de alumbrado sólo cuando se necesite, la idea básica es que el alumbrado permanezca encendido mientras se precise, y desconectado cuando no sea necesario. Por ello, pueden llevarse a cabo las acciones siguientes:

1. Elabore una lista en la que se especifiquen todos los aparatos que deben apagarse, no sólo al final de la jornada de trabajo, sino en todos los periodos de tiempo en que no vayan a utilizarse.
 2. Ponga carteles para crear conciencia en los empleados sobre la utilidad de esta medida y trate de motivarlos.
 3. Elija una persona que se responsabilice de llevar a la práctica este tipo de acciones.
 4. Utilización de aparatos programadores de encendido y apagado en aquellos recintos que sea posible.
 5. Fraccionamiento de los circuitos de alumbrado que permitan iluminar diferentes zonas y, de este modo, mantener apagadas las lámparas en determinados lugares en los momentos en que no son necesarias.
 6. En el caso del alumbrado público, utilización de celdas fotoeléctricas o de interruptores horarios que aseguren su apagado cuando no se precisa la iluminación.
- ✓ Para la iluminación exterior, las luminarias deben estar equipadas de una fotocélula o de un temporizador para que se apaguen solas durante el día. En la iluminación de exteriores es donde mayoritariamente se usa las bombillas fluorescentes compactas, debido a su larga vida útil.

6.5 Maquinaria industrial.

Para conseguir ahorros energéticos en equipo industrial es necesario el conocimiento de los aspectos que afectan la eficiencia de las máquinas, alternativas tecnológicas más eficientes y un amplio conocimiento del proceso

de operación de las máquinas, con el objetivo de adecuar las rutinas de funcionamiento e identificar el uso inadecuado de los equipos.

En la actualidad se han desarrollado motores de alta eficiencia, los cuales la energía que consumen se convierte casi en su totalidad en el trabajo realizado, esto debe tomarse en consideración al momento que se desee sustituir o de instalar un nuevo motor en la maquinaria industrial existente. Ya que esto evitaría el consumo de energía no aprovechada.

La mayoría de motores de más de 3 HP utilizan motores trifásicos. Esto incluye ventiladores, motores de bombas, acondicionadores de aire, torres de enfriamiento y motores de grupos trifásicos.

- ✓ Es importante que las tensiones entre cada par de fases sean constantes. Un desequilibrio de tensiones crea incluso un mayor desequilibrio de la corriente. Esto, a su vez, hace que el motor requiera mayor cantidad de corriente para realizar una cantidad determinada de trabajo y que los bobinados se calienten, quizás hasta niveles peligrosos.

- ✓ Un motor no debería funcionar con un desequilibrio de tensión de más del 1%.⁵

- ✓ La tensión entre fase y tierra puede medirse en cada fase de un motor, para determinar la calidad de potencia suministrada. La potencia suministrada con una caída o diferencia de tensión notable debería ser corregida rápidamente; una opción es una disposición en puente de Wheatstone con la que se suministra la misma tensión a cada fase,

⁵CIARC II, WH, Análisis y Gestión Energética de Edificios.

independientemente de la carga. A partir de este momento el motor no sólo gastará menos electricidad sino que además emitirá menos calor.

- ✓ Otro desajuste que puede llevar al motor a un mayor consumo de energía es el montaje inadecuado. Es decir conexiones viejas, o tuercas que se han perdido, que produzcan una conexión inapropiada, como también calentamiento, envejecimiento del motor y sus cojinetes, una ineficiente transmisión de potencia al equipo.

- ✓ Mantenimiento del motor, se debe realizar un mantenimiento rutinario de los motores, para verificar que sus valores no sobrepasen los nominales.

6.6 Factor de potencia.

6.6.1 Bajo factor de potencia.

En caso de que el factor de potencia sea inferior a 1.0, implica que los equipos consuman energía reactiva y por tanto se incrementa la corriente eléctrica que circula en las instalaciones del consumidor y de la compañía suministradora en la medida que el factor de potencia disminuya; los excesos de corriente pueden provocar daños en las instalaciones eléctricas por efecto de sobrecargas, además, produce alteraciones en la regulación de la tensión, con lo cual empeora el rendimiento y funcionamiento de los equipos.

6.6.2 Causas del bajo factor de potencia.

Las cargas inductivas como motores, balastos, transformadores entre otros, son el origen del bajo factor de potencia ya que en este tipo de equipos el consumo de corriente se desfasa con relación al voltaje.

6.6.3 Consecuencias del bajo factor de potencia.

Las instalaciones eléctricas que operan con un factor de potencia menor a 0.9 tienen las siguientes consecuencias en la medida que este disminuye, además afecta a la red eléctrica tanto en alta tensión como en baja tensión:

- ✓ Incremento de las pérdidas por efecto Joule, la potencia que se pierde por calentamiento está dada por la expresión I^2R .

Donde: I es la corriente total y R es la resistencia eléctrica de los equipos (bobinados de generadores y transformadores, conductores de los circuitos de distribución, entre otros.). Las pérdidas por efecto Joule se manifestarán en:

- Calentamiento de cables.
 - Calentamiento de embobinados de los transformadores de distribución, y disparo sin causa aparente de los dispositivos de protección uno de los mayores problemas que causa el sobrecalentamiento es el deterioro irreversible del aislamiento de los conductores que, además de reducir la vida útil de los equipos, puede provocar cortos circuitos.
- ✓ Sobrecarga de los generadores, transformadores y líneas de distribución.

El exceso de corriente debido a un bajo factor de potencia, ocasiona que los generadores, transformadores y líneas de distribución, trabajen con cierta sobrecarga y reduzcan su vida útil, debido a que estos equipos, se diseñan para un cierto valor de

corriente y para no dañarlos, se deben operar sin que éste se sobrepase.

- ✓ Aumento de la caída de tensión.

Resultando en un insuficiente suministro de potencia a las cargas (motores, lámparas, etc.); estas cargas sufren una reducción en su potencia de salida. Esta caída de voltaje afecta a:

- Los embobinados de los transformadores de distribución.
- Los cables de alimentación.
- Sistemas de protección y control.

- ✓ Incremento de la potencia aparente.

Con lo que se reduce la capacidad de carga instalada en kVA en los transformadores de distribución.

- ✓ Incremento en la facturación eléctrica

Ya que un bajo factor de potencia implica pérdidas que afectan al productor y distribuidor de energía eléctrica, por lo que se penaliza al usuario haciendo que pague más por su electricidad.

6.6.4 Compensación del factor de potencia.

Las cargas inductivas que se encuentran en una industria, además de requerir potencia activa, demandan un suministro de potencia reactiva para su funcionamiento, como se había mencionado con anterioridad, ocasionando un bajo factor de potencia.

Sin embargo, la demanda de potencia reactiva se puede reducir mediante la conexión de capacitores en paralelo con la carga de bajo factor de potencia. Dependiendo de la cantidad de reactivos que entregan los capacitores, se reduce parcial o totalmente la potencia reactiva tomada de la red eléctrica, en consecuencia aumenta el FP. A este proceso se le denomina ***compensación del factor de potencia***.

Se conocen diferentes formas de compensación los cuales se describen a continuación:

- ✓ Compensación central con banco automático
- ✓ Compensación en grupos
- ✓ Compensación individual
- ✓ Compensación combinada

6.6.4.1 Compensación central con banco automático.

Este tipo de compensación ofrece una solución generalizada para corregir el factor de potencia ya que la potencia total del banco de capacitores se instala en la acometida, cerca de los tableros de distribución de energía, los cuales, suministran la potencia reactiva demandada por diversos equipos con diferentes potencias y tiempos de operación.

La potencia total del banco de capacitores se divide en varios bloques que están conectados a un regulador automático de energía reactiva, que conecta y desconecta los bloques que sean necesarios para obtener el factor de potencia previamente programado en dicho regulador.

La compensación centralizada presenta las siguientes ventajas:

- Mejor utilización de la capacidad de los bancos de capacitores.
- Se tiene una mejora en la regulación del voltaje en sistema eléctrico.
- Suministro de potencia reactiva según los requerimientos del momento.
- Es de fácil supervisión.

La desventaja de corregir el factor de potencia mediante la compensación centralizada, es que las diversas líneas de distribución no son descargadas de la potencia reactiva, además, se requiere de un regulador automático para que el banco de capacitores pueda compensar la potencia reactiva, según las necesidades de cada momento.

6.6.4.2 Compensación en grupo.

Es aconsejable compensar la potencia inductiva de un grupo de cargas, cuando éstas se conectan simultáneamente y demandan potencia reactiva constante, o bien cuando se tienen diversos grupos de cargas situados en puntos distintos.

La compensación en grupo presenta las siguientes ventajas:

- Se conforman grupos de cargas de diferente potencia pero con un tiempo de operación similar, para que la compensación se realice por medio de un banco de capacitores común con su propio interruptor.
- Los bancos de capacitores pueden instalarse en el centro de control de las cargas inductivas.
- El banco de capacitores se utilizan únicamente cuando las cargas están en uso.
- Se reducen costos de inversión para la adquisición de bancos de capacitores.

- Es posible descargar de potencia reactiva las diferentes líneas de distribución de energía eléctrica.

La desventaja es que la sobrecarga de potencia reactiva no se reduce en las líneas de alimentación principal, es decir, que seguirá circulando energía en la carga.

6.6.4.3 Compensación individual.

La compensación individual se refiere a que cada consumidor de potencia inductiva se le asigna un capacitor que suministre potencia reactiva para su compensación. La compensación individual es empleada principalmente en equipos que tienen una operación continua y cuyo consumo inductivo es representativo.

La compensación individual presenta las siguientes ventajas:

- Los capacitores son instalados cerca de la carga inductiva, la potencia reactiva es confinada al segmento más pequeño posible de la red.
- El arrancador para el motor puede también servir como un interruptor para el capacitor eliminando así el costo de un dispositivo de control del capacitor solo.
- El uso de un arrancador proporciona control semiautomático para los capacitores, por lo que no son necesarios controles complementarios.
- Los capacitores son puestos en servicio sólo cuando la carga inductiva está trabajando.
- Todas las líneas quedan descargadas de la potencia reactiva.

No obstante, este método presenta las siguientes desventajas:

- El costo de varios capacitores por separado es mayor que el de un capacitor individual de valor equivalente.
- Existe sub utilización para aquellos capacitores que no son utilizados con frecuencia.

Es importante mencionar que para no incurrir en una sobre compensación de la potencia inductiva que provoque alteraciones en el voltaje que puedan dañar la instalación eléctrica, la potencia del banco de capacitores deberá limitarse al 90% de la potencia reactiva de la carga en vacío.⁶

6.6.4.4 Compensación combinada.

La compensación mixta o combinada de potencia reactiva, se refiere a la combinación de dos o más métodos para corregir el factor de potencia.

6.6.4.5 Ventajas de la compensación del factor de potencia.

La compensación del factor de potencia trae como consecuencia los siguientes beneficios energéticos y económicos:

- ✓ Eliminación del cargo por factor de potencia, ya que la suministradora de energía penaliza a aquellos usuarios que tengan un factor de potencia menor a 0.9 para usuarios con potencias mayores a los 10 kW.
- ✓ Bonificación por parte de la compañía suministradora, la suministradora de energía bonifica a aquellos usuarios que tengan un factor de potencia mayor a 0.9.

⁶ Ver anexo 6.1

- ✓ Reducción de pérdidas en los cables (I^2R) en watts (W).⁷
- ✓ Disminución de la caída de tensión en cables

$$\Delta V = I(R \cos \phi + W L \sin \phi)$$

Donde:

$\Delta V =$ Disminución en la caída de voltaje en volts (V)

$L =$ Inductancia en Henry (H)

$W = 2 \pi f$

$f =$ Frecuencia en Hertz (Hz)

- ✓ Ahorro en consumo de energía al pasar de un FP inicial ($\cos \phi_1$) a un valor final ($\cos \phi_2$).⁸
- ✓ Liberar potencia del transformador en kilovolts-amperios (kVA)⁹

6.6.5 Banco de capacitores para subestación de eléctrica del CITT.

Como se observa en las mediciones registradas, los edificios en general presentan un bajo factor de potencia, aunque en las subestaciones no se ve reflejado este efecto con excepción en la subestación #1, que es la que presenta un bajo factor de potencia durante la noche, esto se debe a la reactancia que presentan las subestaciones cuando estas se encuentra en vacío.

El tipo de compensación que mejor favorece en las instalaciones del CITT es la compensación centralizada, la cual deberá ser colocada en la subestación

⁷ Ver anexo 6.2

⁸ Ver anexo 6.3

⁹ Ver anexo 6.4

#1, para el diseño del banco de capacitores, se tomó una muestra de factor de potencia, y de potencia para la realización de los cálculos respectivos.

El valor de la potencia es de 5.01 kW y el FP es 0.799 por lo que se obtiene los siguientes valores.

$$P\phi_1 = \frac{5.01}{3} = 1.67 \text{ [kW]}$$

$$S_{\text{actual}} = \frac{1.67}{0.799} = 2.09 \text{ [kVA]}$$

$$S_{\text{actual}} = \frac{1.67}{0.9} = 1.86 \text{ [kVA]}$$

$$Q_{\text{actual}} = \sqrt{S_{\text{actual}}^2 - P\phi_1^2} = \sqrt{2.09^2 - 1.67^2} = 1.257 \text{ [kVAR]}$$

$$Q_{\text{mejorado}} = \sqrt{S_{\text{mejorado}}^2 - P\phi_1^2} = \sqrt{1.86^2 - 1.67^2} = 0.809 \text{ [kVAR]}$$

$$Q_{\text{capacitivo}} = Q_{\text{actual}} - Q_{\text{mejorado}} = 1.257 - 0.809 = 0.448 \text{ [kVAR]}$$

FP actual	Potencia	
0.799	5.01	kW
FP deseado	Voltaje	
0.9	120	
Potencia Aparente actual	2.09	kVA
Potencia Aparente mejorado	1.86	kVA
Ángulo actual	36.97	grados
Ángulo mejorado	25.84	grados
Q actual	1.257	kVAR
Q mejorado	0.809	kVAR
Q capacitivo	0.448	kVAR

Tabla 2. Resumen de los cálculos para la determinación del Q capacitivo.

Con el valor de la potencia reactiva capacitiva que debe ser añadida en paralelo a la red para que sea compensado el factor de potencia, se obtiene el valor del capacitor para el arreglo de la siguiente forma:

$$X_c = \frac{V^2}{Q_{\text{capacitivo}}} = \frac{120^2}{0.448 * 1000} = 32.14$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_c} = \frac{1}{2\pi(60)(32.14)} = 8.25E - 05$$

Reactancia	32.14
Capacitancia	82.5 μF

Para compensar el factor de potencia en la subestación #1 por la noche es necesario conectar en paralelo a los transformadores un arreglo estrella de capacitores de 82.5 μF ó un capacitor trifásico de 3-25 kVAR, 240 V que es como se encuentra en el mercado¹⁰.

El valor calculado de capacitancia no se encuentra específicamente en el mercado, por lo tanto se debe de conocer los valores comerciales y ver cual es más semejante o de ser necesario implementar un arreglo ya sea en serie o en paralelo de capacitores hasta obtener la capacitancia deseada.

6.7 Máximas demandas.

6.7.1 Ahorro de energía por medio de la reducción de máxima de demanda.

La reducción de las máximas demandas son de importancia para minimizar el costo en la facturación, cuando se controla la demanda, esto puede traducirse

¹⁰ Ver anexo 6.6

como la acción de interrumpir por intervalos de tiempo la operación de ciertas cargas eléctricas (iluminación, motores, etc.) y que estos inciden directamente sobre la demanda máxima, se reducen o limitan los niveles de consumo en razón de los precios tarifarios.

Un sistema de control de la demanda eléctrica ayuda en las operaciones de los equipos de manera que se utilice la menor cantidad de energía posible en el periodo punta, o minimiza el impacto de energía moviendo las cargas que operan en horas pico de demanda a los horarios de poca demanda de un mismo periodo, y así reducir la facturación.

Existen tres métodos básicos para recortar las máximas demandas en una instalación eléctrica:

- ✓ Optimizar la eficiencia de las instalaciones por medio de un estudio de censo de cargas para ahorro energético.
- ✓ Controlar la demanda por la desconexión programada y temporal de distintos equipos.
- ✓ Autogeneración en horas de máxima demanda.

Las técnicas de ahorro energético convencionales son aplicables a cualquier instalación eléctrica, mientras que las que necesitan sofisticados elementos de control se aplican exclusivamente a empresas con alto consumo de energía que tienen la capacidad de modificar sus patrones de consumo, esto se debe a que el costo de la implementación de dichas técnicas es económicamente viable sólo si los ahorros en la facturación son suficientemente significativos.

Para la realización del control de la demanda se debe de conocer los niveles de prioridad de las cargas que se maneja dentro del CITT, ya que esto permite

ver en que áreas o equipo se puede obtener oportunidades de ahorro de energía sin afectar las actividades de trabajo, para ello se puede usar la siguiente clasificación:

- ✓ Cargas interrumpibles: Pueden ser desconectadas temporalmente sin daños ni efectos negativos importantes en el desarrollo de las actividades normales.
- ✓ Carga desconectable: Puede ser desconectada por largos períodos de tiempo y conectada después sin mayores efectos en las actividades normales.
- ✓ Cargas no interrumpibles: Carga crítica que no puede sufrir interrupciones en el suministro de energía sin ocasionar daños, pérdidas o efectos negativos relevantes en las actividades normales.

En la optimización del uso eficiente de las instalaciones, deben plantearse una serie de estrategias, para abordar de mejor manera cada situación y extraer las oportunidades de reducción de las máximas demandas, dichas estrategias a tomar son:

- ✓ Identificar las cargas que generan los máximos de demanda, así mismo, determinar el tiempo y el horario en que ocurren los mismos.
- ✓ Reprogramación de cargas para trasladar los horarios de tareas relevantes en cuanto a consumo de energía, que sean factibles de desfasar a horas de menor demanda, para que no coincida con las horas de máxima demanda.
- ✓ Interrupción temporal de cargas conociendo cuando ocurre la demanda máxima y como opera el equipo, se procede a desconectar carga parcialmente hasta que el período de demanda máxima haya pasado,

este procedimiento se hace con el equipo que forma parte de la carga no crítica, pero que consume una cantidad considerable de energía.

- ✓ Programación de encendido y apagado de los equipos en intervalos de tiempo adecuados y desfasados, para no producir un gran pico de demanda, que de ser posible el margen de desfase debe coincidir con el ciclo de muestreo del medidor de energía de la compañía distribuidora, el cual generalmente es de 15 minutos.

En el control de la demanda por la desconexión programada y temporal de distintos equipos, pueden ser realizadas mediante métodos automáticos con equipos modernos y electrónicos, o simplemente el control manual de demanda.

Los métodos modernos y automatizados no serán estudiados por motivo de sus altos costos y ya que siendo el CITT un ente educativo y no industrial no se requiere de mayores controles de cargas automáticos.

En el control manual se requiere principalmente un arreglo disciplinario entre los empleados de las instalaciones, ya que se refiere más a un cambio de comportamiento del uso de las cargas, como anteriormente se dijo.

CAPITULO VII.

**VII. PROPUESTA DE RECORTE DE MÁXIMAS DEMANDA
CON AUTOGENERACIÓN**

7.1 Generalidades

En las empresas en general pueden ahorrar energía haciendo un uso eficiente de los diferentes equipos eléctricos, ya sea equipo Industrial como equipo de oficina. Pero en algunas empresas aunque hagan un uso eficiente de los diferentes equipos eléctricos, no logran disminuir en gran medida el costo en la facturación eléctrica, esto debido a que la empresa posee grandes demandas de arrastre, para ello es necesario buscar métodos de reducción de la demanda y a la vez hacer un uso eficiente de los equipos. En el presente capítulo se muestra una propuesta de reducción de demandas, la cual consiste en la autogeneración por medio de una planta electrógena, la cual se encuentra dentro de las instalaciones del CITT.

Para esta propuesta se realizará un estudio para establecer si es o no rentable su implementación por medio de un estudio de factibilidad económica.

7.2 Estudios de las condiciones para el ahorro económico.

El precio de costo de generación por medio de la planta electrógena es superior a la que la empresa distribuidora proporciona a la Ciudadela, como se vio en el capítulo 5, las tarifas de la compañía son: 0.101366 \$/kWh hora punta, 0.075547 \$/kWh hora valle y 0.097372 \$/kWh hora resto, y el costo de generación electrógena es de 0.10512 \$/kWh.

Aunque el precio de la energía ofrecido por la distribuidora es más bajo, que el costo de la energía generada por medio del grupo electrógeno, falta observar si se puede obtener ahorro en la utilización de la misma. En vista que el rubro que más afecta en la facturación eléctrica es el cargo variable por uso de red (\$/kW) y éste puede controlarse mediante el uso de técnicas de recorte de máximos de demanda lo que compensaría el incremento de los costos de la energía al generar en horas estratégicas por medio del grupo electrógeno.

Para comprobación de lo antes mencionado, es necesario realizar un análisis técnico sobre la implementación de un sistema de gestión energética que incluya la técnica de recorte máxima demanda, que permita obtener los ahorros resultantes de la optimización de los recursos del CITT

En el cálculo del beneficio económico se han hecho algunas simplificaciones que se enumeran a continuación:

- ✓ Para el análisis económico se ha considerado que el costo de generación permanece constante en el tiempo, pero se debe entender que la variación del precio del combustible y los insumos necesarios para la operación y mantenimiento de la planta eléctrica puede reducir o aumentar la rentabilidad de la autogeneración.
- ✓ Se considera que la compañía distribuidora mantiene constantes los precios de la energía y uso de red por potencia, con la observación que el alza de estos precios incrementa la rentabilidad de la autogeneración.
- ✓ Para los recortes de máximas demanda se tomará en consideración la Subestación #2 mecánica, ya que en ella se muestran de potencia superiores a 100 kW, su demanda es mayor que los de la subestación de eléctrica, a la vez en esta subestación se encuentra instalado lo que es la planta eléctrica y será más factible su implementación.
- ✓ Para calcular el costo de generación se supone que la demanda de energía en el periodo de funcionamiento de las plantas es constante e igual al promedio de la potencia observada en las horas de máxima demanda que aproximadamente es igual a 125 kW, esta suposición

conllea a la simplificación de considerar que la potencia generada es en horario punta es constante e igual a la generada en horario resto.

- ✓ Se considera que el recorte de demanda sólo se hará en días laborales considerando que el mes laboral tiene 22 días

7.3 Generalidades en el cálculo del beneficio económico.

En primer lugar se considera los costos de generación necesarios para limitar la potencia máxima demandada a la compañía distribuidora, luego los ahorros esperados en la facturación y finalmente se comparan los resultados para determinar si el beneficio económico es o no favorable:

$$\text{Costo_generación} = P_{gen} T_{gen} C_{gen}$$

$$\text{Costo_distribuidora} = P_{hr} T_{hr} C_{hr} + P_{hp} T_{hp} C_{hp} + (P_{ac} - P_{pro}) C_d$$

$$\text{Beneficio_económico} = \text{Costo_distribuidora} - \text{Costo_generación}$$

Donde:

P_{gen} : potencia generada por el grupo electrógeno del CITT (kW).

P_{hr} : Potencia generada horas resto (kW).

P_{hp} : Potencia generada en horas punta (kW).

T_{gen} : Tiempo de funcionamiento del grupo electrógeno del CITT (horas).

T_{hr} : Tiempo de utilización en horas resto (horas).

T_{hp} : Tiempo de utilización en horas punta (horas).

Cgen: Costo de generación del grupo electrógeno de la UDB (\$/kWh).

Chr: Precio de la energía en horas resto (\$/kWh).

Chp: Precio de la energía en horas punta (\$/kWh).

Pac: Potencia máxima facturada actualmente en la Ciudadela Don Bosco (kW).

Ppro: Potencia máxima proyectada con el recorte de demanda (kW).

Cd: Costo de la demanda máxima de potencia (\$/kW)

La potencia de generación que se ha utilizado se obtuvo del promedio de la potencia entregada por la subestación de mecánica en las horas de mayor demanda, que fue de 125 kW. La potencia que actualmente demanda la Ciudadela Don Bosco es de 506 kW.

Cgen: 0.10512 \$/kWh.¹

Chr: 0.097372 \$/kWh.²

Chp: 0.101366 \$/kWh.²

Cd: 4.969776 \$/kW.²

Ppro, es la variable de interés y puede tomar cualquier valor entre 0 y 506 kW, según se examine la posibilidad de la autogeneración de la carga total o de no realizar ninguna acción de autogeneración para el recorte de demanda, en este estudio sólo se evaluará la posibilidad de que *Ppro* sea mayor o igual a la

¹ Tomado de la tabla 6 del Capítulo 5.

² Basado en el pliego tarifario grandes demandas media tensión, vigente a partir del 1 de enero al 11 octubre de 2007.

demanda máxima de un día típico, que intuitivamente debería corresponder a la potencia contratada por la universidad a la distribuidora de energía.

El tiempo de generación T_{gen} , en que la planta estaría durante un día es de cinco horas, el tiempo de las horas resto Thr en que no se utilizará la red que es de 4 horas, el tiempo en horas punta Thp en que no se utilizará la red es de una hora.

7.3.1 Beneficio económico.

En la obtención de beneficio económico de la autogeneración en el CITT, se debe determinar el costo de generación del mismo, para ello se ha determinado un período de generación de cinco horas, de acuerdo a los horarios de máximas demandas y se considerará que la planta se accionará 22 días al mes y 10 meses por año.

Con los datos anteriores se prosigue al cálculo de los costo de generación y costo de la energía por medio de la distribuidora.

$$\text{Costo_generación} = P_{gen} * T_{gen} * C_{gen} = (125)(5)(0.10512) = 65.7 \text{ \$/día}$$

$$\text{Costo_generación_anual} = (65.7)(22)(10) = 14454 \text{ \$/anual}$$

$$\text{Costo_distribuidora} = (P_{hr} * Thr * Chr + P_{hp} * Thp * Chp) * 22 * 10 \\ + (Pac - Ppro)Cd$$

$$\text{Costo_distribuidora} = ((125)(4)(0.09353) + (125)(1)(0.099505)) * 22 * 10 \\ + (506 - 486)(4.66)$$

$$\text{Costo_distribuidora} = 13119.11 \text{ \$/anual}$$

$$\text{Costo_beneficio} = \text{Costo_distribuidora} - \text{Costo_generación} = 13119.11 - 14454$$

$$\text{Costo_beneficio} = -1336.11 \text{ \$/anual}$$

Costo Generación	\$14,454.00
Costo Distribuidora	\$13,124.08
Costo Beneficio	\$ (1,329.92)

Tabla 1. Cuadro resumen del beneficio económico para reducción de 20 kW de demanda.

Como se puede observar el costo beneficio resulta ser un valor negativo, el cual significa que el costo de generación eléctrica no es factible de implementar en el horario especificado, es decir, la demanda que la planta estaría reduciendo no sería significativa, por lo que anualmente la Ciudadela tendría un costo de \$1336.11 dólares más que con la empresa distribuidora.

Se debe recordar que este valor solo es en cuestión de costo de generación, a este valor habría que añadir el aumento de los hidrocarburos los cuales pueden subir y el uso frecuente de la planta aumentan los costo de mantenimiento de la misma.

Para que la reducción en la factura eléctrica sea considerable, es necesario reducir más de 20kW de demanda total. Haciendo una revisión de los registros de las mediciones, para alcanzar una reducción de 45 kW la planta debe de operar en los siguientes horarios: en las mañana de 9 a 12 del medio día, en las tardes de 1 a 5 de la tarde y por la noche de 6 a 7.

Siendo así , que la planta operaría 7 horas resto y una hora punta. Con los nuevos datos obtenidos, se calcula el beneficio económico de la autogeneración.

$$\text{Costo_generación} = P_{gen} * T_{gen} * C_{gen} = (125)(8)(0.10512)$$

$$\text{Costo_generación} = P_{gen} * T_{gen} * C_{gen} = 105.12 \text{ \$/día}$$

$$\text{Costo_generación_anual} = (105.12)(22)(10) = 23126.4 \text{ \$/anual}$$

$$\text{Costo_distribuidora} = (P_{hr} * T_{hr} * C_{hr} + P_{hp} * T_{hp} * C_{hp}) * 22 * 10 \\ + (P_{ac} - P_{pro})C_d$$

$$\text{Costo_distribuidora} = ((125)(7)(0.09353) + (125)(1)(0.099505)) * 22 * 10 \\ + (506 - 460)(4.66)$$

$$\text{Costo_distribuidora} = 20969.52 \text{ \$/anual}$$

$$\text{Costo_beneficio} = \text{Costo_distribuidora} - \text{Costo_generación} = 23126.4 - 20969.52$$

$$\text{Costo_beneficio} = -2156.88 \text{ \$/anual}$$

Costo Generación	\$23,126.40
Costo Distribuidora	\$20,969.52
Costo Beneficio	\$ (2,156.88)

Tabla 2. Cuadro resumen del beneficio económico para reducción de 45 kW de demanda.

De igual forma el costo beneficio es un valor negativo, el cual significa que el costo de generación eléctrica no es factible de implementar en el nuevo horario especificado, siendo así que anualmente la Ciudadela tendría un costo de \$2156.88 dólares más que con la empresa distribuidora.

La demanda que la planta estaría reduciendo no es muy significativa, a comparación con el tiempo de operación de la planta, ya que el costo de generación por kW, es de 0.10512 \$/kW, lo cual es un costo elevado.

Para que la autogeneración sea factible tendría que reducir una gran cantidad de demanda en un lapso de tiempo de operación corto, pero en

ambas subestaciones la demanda es grande desde el inicio del día laboral, por lo que para el recorte de demanda la planta debe operar prácticamente todo el día laboral y esto implicaría un gasto mayor de combustible y desgaste mecánico de la planta.

También para hacer factible la autogeneración habría de realizar un estudio de las demás subestaciones de la Ciudadela y ver si el comportamiento de una de ellas, posee grandes picos de demanda en lapsos cortos.

CAPÍTULO VIII

VIII. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

8.1 Conclusiones.

- ✓ El edificio que consume el mayor porcentaje de energía de los 6 edificios estudiados del CITT es el edificio de mecánica, por su gran cantidad de aires acondicionados, computadoras y maquinaria industrial.
- ✓ La subestación #1 tiene un bajo factor de potencia en las horas nocturnas, 7:30 de la noche a 7:00 de la mañana, pero esto no afecta a la factura de electricidad de la Ciudadela Don Bosco.
- ✓ Las dos subestaciones del CITT no sobrepasan el 30% de carga, es decir que están siendo subutilizadas.
- ✓ Las cargas que demandan un mayor consumo de energía dentro del CITT, se mencionan a continuación en un orden de acuerdo a su demanda, aires acondicionados, luminarias, cargas industriales y por último las computadoras.
- ✓ Los edificios estudiados, presentan en ciertas horas del día un bajo factor de potencia instantáneo, pero en la subestaciones el factor de potencia se mantiene en 0.9 en atraso.
- ✓ El mayor consumo de energía de la Ciudadela Don Bosco se registra en las horas resto con un 79% de total de la energía, En la hora punta se consume 14% y hora valle 7%.
- ✓ Los lapsos de horas donde se tienen las máximas demandas en las subestaciones del CITT son: de 10 AM a 12 PM, en la tarde de 2 a 4 PM y en la noches de 6 a 8 PM.

- ✓ Con la medición de los edificios se determinó que estos tiene un desbalance de corriente superior al 10% recomendado, esto debido a la mala distribución de los circuitos en general.
- ✓ Generalmente el voltaje de línea y de fase para baja y media tensión en los edificios y subestaciones estudiadas del CITT se mantiene bajo norma.
- ✓ La energía que consume actualmente la Ciudadela Don Bosco es de 112209.4 kWh/mes, con un costo aproximado \$10784.47/mes, estos datos fueron obtenidos del promedio de la facturación de las energías que consumió la Ciudadela Don Bosco de enero a julio del 2007.
- ✓ El porcentaje de impacto que tiene el CITT en el recibo de la Ciudadela Don Bosco es de un 22% del consumo de total de energía, representando así en dinero la cantidad de \$2372.58/mes.
- ✓ La planta de emergencia que posee el CITT no es factible para reducir las máximas demandas en las horas picos, ya que el costo de generación de la planta es muy elevado por los altos costos de los hidrocarburos.
- ✓ Según el historial de enero a julio del 2007 la demanda real registrada de la Ciudadela Don Bosco tiene una tendencia a igualar o sobre pasar la capacidad de suministro, este aumento de demanda se observó a partir del mes de mayo del 2007, esto se debió por la instalación de un transformador de 100kVA en las instalaciones del Colegio Don Bosco que será utilizado para la construcción de nuevos edificios dentro del mismo. También el incremento de aires acondicionados en diferentes puntos de la Ciudadela Don Bosco como la apertura del gimnasio de la Ciudadela.

- ✓ No hay una manera de poder cuantificar el impacto de reducción de la demanda real al ser aplicadas las recomendaciones hechas, debido a que la tendencia real de la demanda es ascendente dicha curva no se mantiene constante en el tiempo ya que la cargas aumentan sin control en diferentes puntos de la Ciudadela Don Bosco.

- ✓ Al aplicar las recomendaciones hechas se asegura, la reducción en el consumo de energía o que este permanezca constante, ayudando esto a que la demanda de arrastre no se cada vez mayor.

8.2 Recomendaciones.

- ✓ Se recomienda la reubicación de ciertos equipos del edificio #6 hacia otros edificios ya que este edificio esta saturado de carga industrial, aires acondicionados y una gran cantidad de computadoras, y así distribuir de mejor manera las cargas de este edificio.
- ✓ En vista de los desbalances de corriente se sugiere que para futuros crecimientos de circuitos se utilice la fase menos cargada de cada tablero.
- ✓ Se recomienda conectar un banco de capacitores en estrella en la subestación #1 con valores de capacitancia de 82.5 μF , para corregir el bajo factor de potencia aunque esto no seria prescindible porque trae una inversión y la Ciudadela Don Bosco actualmente no paga ninguna penalización por bajo factor de potencia.
- ✓ Se recomienda dar mantenimientos continuos a las subestaciones de CITT para verificar la rigidez dieléctrica de los transformadores, aislamientos y la red de tierra de las mismas.
- ✓ Sellar los portones metálicos donde existan aires acondicionados con materiales aislantes térmicos para evitar la transferencia de calor del aire exterior con el interior, de esta manera se disminuirá el tiempo de arranque de los aires acondicionados.
- ✓ En las oficinas de la radio UDB se recomienda colocar cortinas adecuadas en las ventanas para evitar la penetración de rayos solares y reducir así el calor incidente.

- ✓ Evitar la centralización de los aires acondicionados, ya que en el CITT hay muchas aulas en las cuales no se reciben clases a las mismas horas y se desperdicia la energía consumida por los aires.
- ✓ Colocar cortinas en el laboratorio de telecomunicaciones para evitar la penetración de los rayos solares.
- ✓ En el centro de cómputo encender los aires acondicionados 10 minutos antes que entren los alumnos a clases.
- ✓ Adecuar horarios en los laboratorios con aires acondicionados de forma que permita el encendido de los aires de una sola vez, ya que se consume mayor energía cada vez que trata de enfriar el salón.
- ✓ Se recomienda en el centro de cómputo que no se dejen abiertas las puertas para evitar que el compresor de los aires acondicionados no trabaje durante más tiempo.
- ✓ Se recomienda que el CITT tenga su propio medidor para tener un mayor control de las máximas demandas y también tener un mejor control en las distintas áreas de la ciudadela Don Bosco, es decir saber en donde se producen las máximas demandas.
- ✓ Se recomienda realizar estudios de este tipo a las demás partes que conforman la Ciudadela Don Bosco, ya que como se concluyó en el CITT, el porcentaje de impacto en la factura total de la Ciudadela es bajo.

Anexo 1.1 Pliego tarifario para energía eléctrica Año 2006



PEQUEÑAS DEMANDAS Cifras en dólares

Residencial		Uso General (1-G)	
Bloque 1: Consumo de 0 a 200 KWH			
Cargo por atención al cliente (mes)	0.705638	Cargo por atención al cliente (mes)	0.705638
Cargo por energía (KWh)	0.103977	Cargo por energía (KWh)	0.102755
Cargo por uso de la red		Cargo por uso de la red	
- Fijo (mes)	0.824339	- Fijo (mes)	1.896111
- Variable (KWh)	0.029903	- Variable (KWh)	0.028130

Residencial		Alumbrado Público (1-AP)	
Bloque 2: Consumo de más de 200 KWH			
Cargo por atención al cliente (mes)	0.705638	Cargo por atención al cliente (mes)	0.705638
Cargo por energía (KWh)	0.103846	Cargo por energía (KWh)	0.103943
Cargo por uso de la red		Cargo por uso de la red	
- Fijo (mes)	1.160621	- Variable (KWh)	0.037610
- Variable (KWh)	0.029524		

MEDIANAS DEMANDAS Cifras en dólares

BT con medición de potencia		BT con medición horaria	
Cargo por atención al cliente (mes)	0.705638	Cargo por atención al cliente (mes)	0.705638
Cargo por energía (KWh)	0.103585	Cargo por energía	
Cargo por uso de la red (KW/mes)	12.355833	- Punta (KWh)	0.108157
		- Valle (KWh)	0.101514
		- Resto (KWh)	0.101663
		Cargo por uso de la red (KW/mes)	12.355833

MT con medición de potencia		MT con medición horaria	
Cargo por atención al cliente (mes)	0.705638	Cargo por atención al cliente (mes)	0.705638

Cargo por energía (KWh)	0.095298	Cargo por energía	
Cargo por uso de la red (KW/mes)	4.843061	- Punta (KWh)	0.099505
		- Valle (KWh)	0.093393
		- Resto (KWh)	0.093530
		Cargo por uso de la red (KW/mes)	4.843061

GRANDES DEMANDAS Cifras en dólares

Baja Tensión

Cargo por atención al cliente (mes)	0.705638
Cargo por energía	
- Punta (KWh)	0.108157
- Valle (KWh)	0.101514
- Resto (KWh)	0.101663
Cargo por uso de la red (KW/mes)	12.355833

Media Tensión

Cargo por atención al cliente (mes)	0.705638
Cargo por energía	
- Punta (KWh)	0.099505
- Valle (KWh)	0.093393
- Resto (KWh)	0.093530
Cargo por uso de la red (KW/mes)	4.843061

Periodos de Vigencia

Los cargos por Energía a partir del 10 de junio de 2006

Los cargos por Atención al Cliente y Uso de Red, no experimentan variación.

Notas:

Los cargos no incluyen IVA

El cargo por uso de red no incluye el costo por el pago de la Tasa Municipal por postes

AP: Alumbrado público

G: Uso general

MT: Media Tensión

BT: Baja Tensión

Anexo 2.1 Medidor electrónico.

Este medidor lo poseen los clientes de Medianas y Grandes Demandas. Su lectura es a través de parámetros que aparecen, cada seis segundos, desplegados en la pantalla del medidor por medio de un código numérico. A continuación podrás ver el número de código y el dato correspondiente:

El número 1: presenta la fecha en el orden de día/mes/año.

El número 2: presenta la Hora en el orden de hora/minutos/segundos.

El número 3: los KWh Hora Valle.

El número 4: los KWh Hora Resto.

El número 5: los KWh Hora Punta.

El número 6: los KW Hora Máximos.

El número 7: el Factor Potencia Promedio

El número 8: el Código de Error.

Pantalla del medidor en donde aparecerá el código numérico en forma secuencial cada 6 segundos.



Recorrido de la línea eléctrica en el CITT.

Simbología de recorrido de la línea.

Anexo 2.3 Fotografías de subestaciones en el CITT.



Figura 1. Subestación de Mecánica



Figura 2. Subestación de Mecánica

Anexo 2.3 Fotografías de subestaciones en el CITT.



Figura 3. Subestación de Eléctrica.

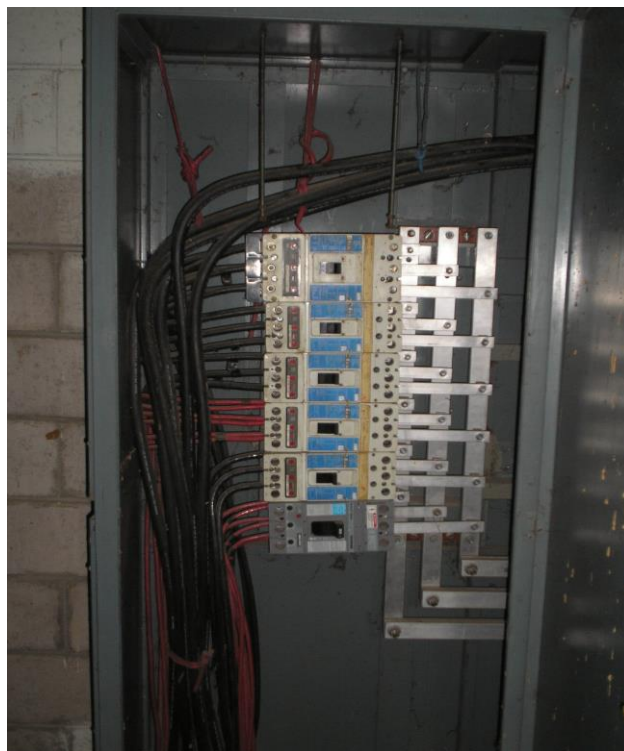


Figura 4. Subestación de Eléctrica.

Anexo 2.3 Fotografías de subestaciones en el CITT.



Figura 5. Subestación Aérea Monofásica.



Figura 6. Subestación Aérea Monofásica.

Mapa de ubicación del CITT

Anexo 2.5 Fotografías de tableros principales edificio de comunicaciones.

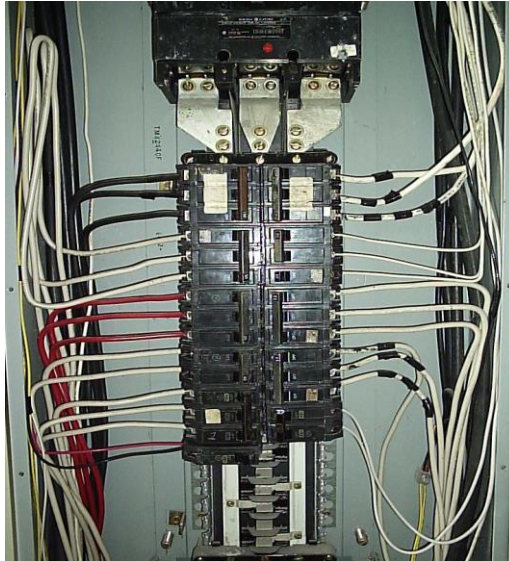


Figura 1. Main 1

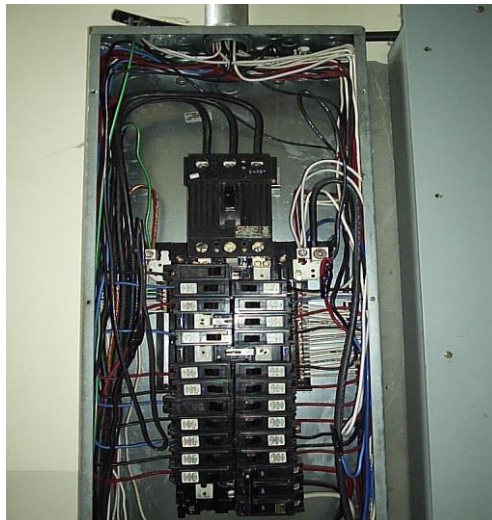


Figura 2. Main 2.

Anexo 2.6 Fotografías de tableros principales del edificio de electrónica.

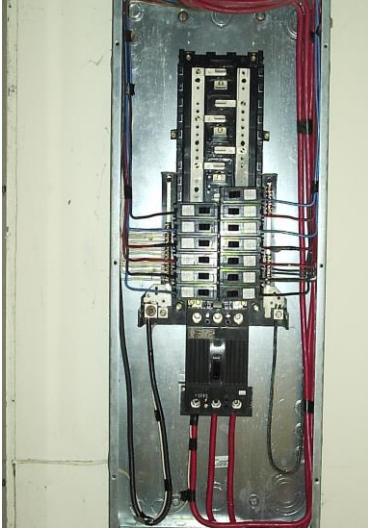


Figura 1. Main 1.

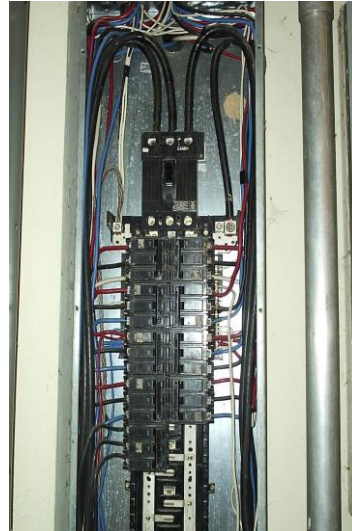


Figura 2. Main 2.

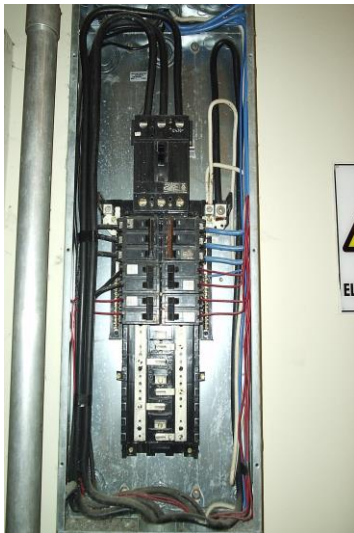


Figura 3. Main 3.

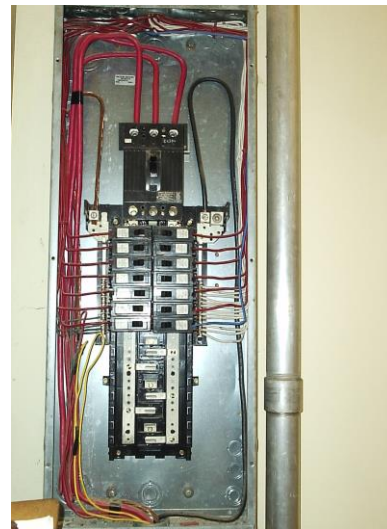


Figura 4. Main 4.

Anexo 2.7 Fotografías de tableros principales edificio de eléctrica.

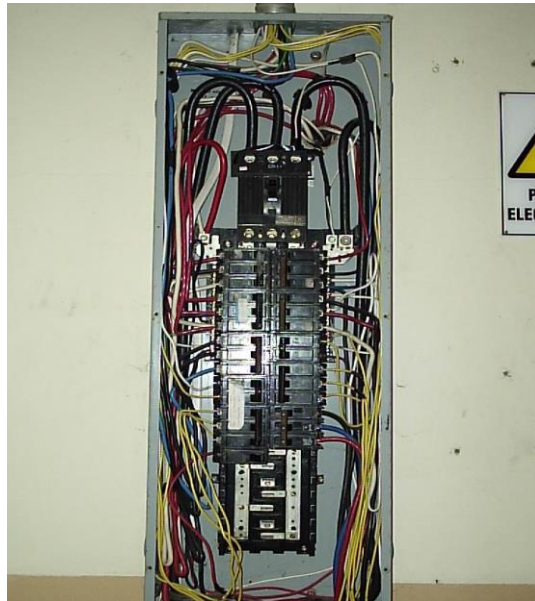


Figura 1. Main 1.



Figura 2. Main 2.

Anexo 2.8 Fotografía de tablero principal edificio de metrología.

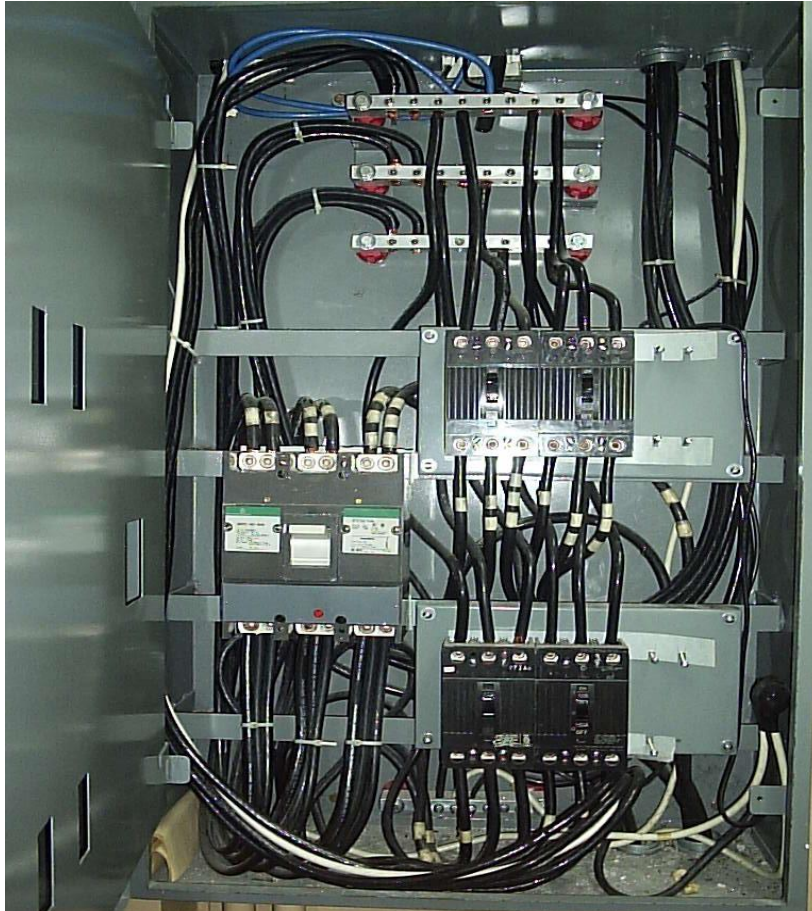


Figura 1. Main 1.

Anexo 2.9 Fotografías de tableros principales edificio de mecánica.

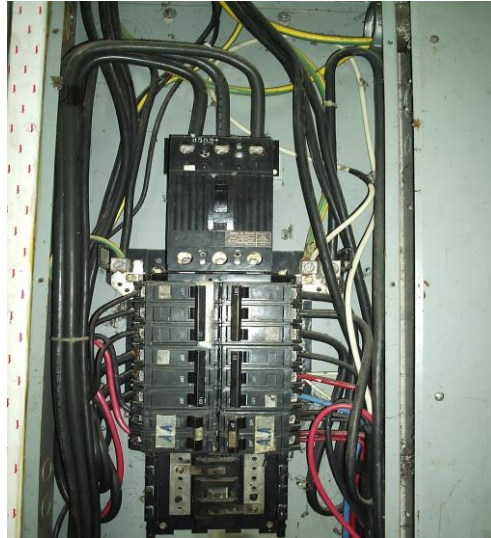


Figura 1. Tablero 1

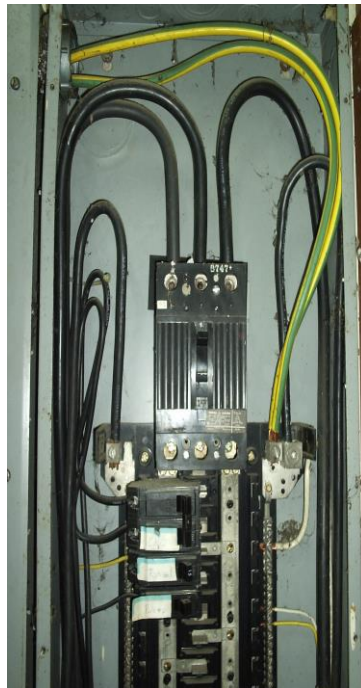


Figura 2. Tablero 2

Anexo 2.10 Fotografías de tableros principales edificio de soldadura.



Figura 1: Tablero Secundario.

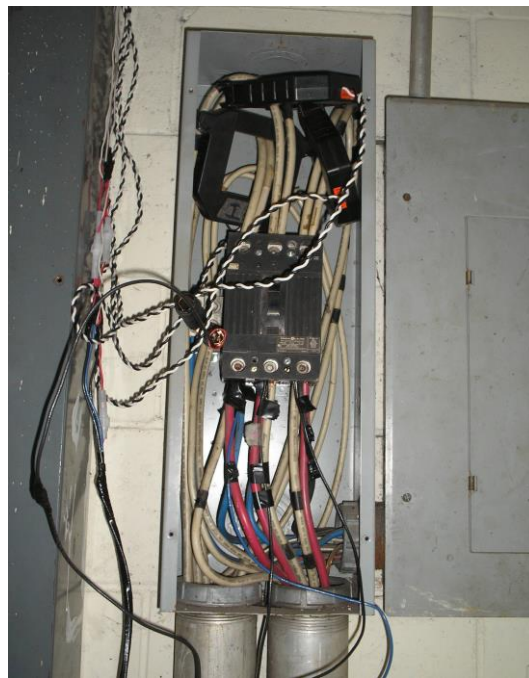


Figura 2: Tablero Principal.

Anexo 3.1 Herramienta de medición H8400



Figura 1. Visualizador de redes

- ◆ Visualizador de Redes H8400
- ◆ Variables que mide el equipo y visualiza:
 - ❖ Energía consumida (kWh)
 - ❖ Potencia real (kW)
 - ❖ Potencia reactiva (kVAR)
 - ❖ Potencia aparente (kVA)
 - ❖ Factor de potencia
 - ❖ Voltaje (V)
 - ❖ Corriente (A)

Anexo 3.2 Diagrama de conexión del medidor en los diferentes sistemas

WIRING

Supported System Types

Voltages Less Than or Equal to 347 VAC L-N/600 VAC L-L, Direct Connect No PTs

Single-Phase Wiring								
Number of Wires	CTs		Voltage Connections			Meter Configuration		
	Qty	ID	Qty	ID	Type	System Type	PT Primary Scale	Figure Number
2	1	I1	2	V1, Vn	L-N	10	No PT	12
2	1	I1	2	V1, V2	L-L	11	No PT	13
3	2	I1, I2	3	V1, V2, Vn	L-L with N	12	No PT	14
Three-Phase Wiring								
3	3	I1, I2, I3	3	V1, V2, V3	Delta	31	No PT	15
3	1	I1	3	V1, V2, V3	Delta (Balanced)	32	No PT	23
4	3	I1, I2, I3	3	V1, V2, V3, Vn	4-wire Delta	40	No PT	16
4	3	I1, I2, I3	3	V1, V2, V3, Vn	Wye	40	No PT	16
4	1	I1	3	V1, V2, V3, Vn	Wye (Balanced)	44	No PT	22

Figure 10

Voltages Greater Than 347 VAC L-N/600 VAC L-L

Three-Phase Wiring								
Number of Wires	CTs		Voltage Connections			Meter Configuration		
	Qty	ID	Qty	ID	Type	System Type	PT Primary Scale	Figure Number
3	3	I1, I2, I3	2	V1, V3 (V2 to Ground)	Delta	31	Based on Voltage	17
3	1	I1	2	V1, V2, V3 (VN to Ground)	Delta (Balanced)	32	Based on Voltage	21
4	3	I1, I2, I3	3	V1, V2, V3 (VN to Ground)	Grounded Wye	40	Based on Voltage	18
	3	I1, I2, I3	2	V1, V2, V3 (VN to Ground)	Wye	42	Based on Voltage	19
4	1	I1	3	V1, V2, V3 (VN to Ground)	Wye Grounded (Balanced)	44	Based on Voltage	20

Figure 11

Anexo 3.2 Diagrama de conexión del medidor en los diferentes sistemas

H84xxV WIRING DIAGRAMS

1-Phase Line-to-Neutral 2-Wire System 1 CT.

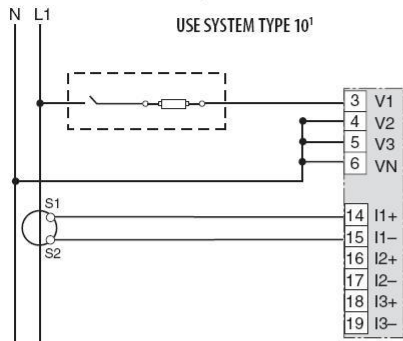


Figure 12

1-Phase Line-to-Line 2-Wire System 1CT

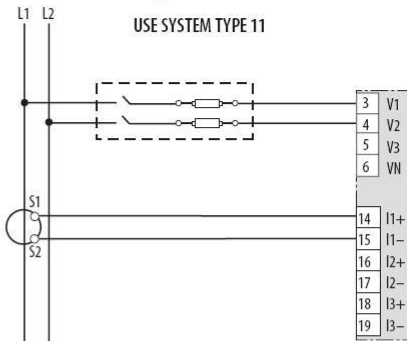


Figure 13

1-Phase Direct Voltage Connection 2 CT

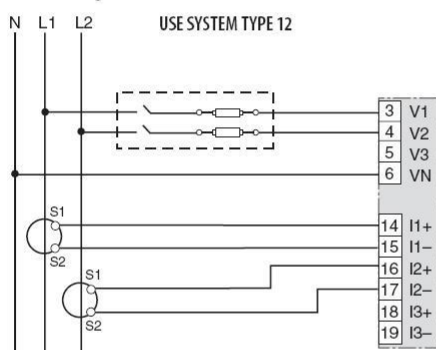


Figure 14

3-Phase 3-Wire 3CT no PT

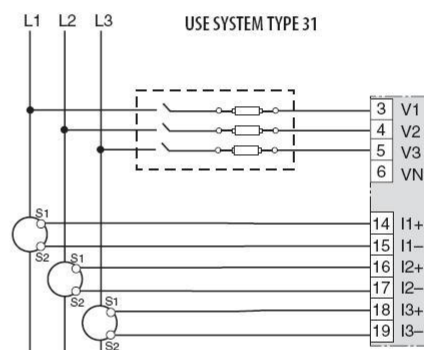


Figure 15

3-Phase 4-Wire Wye Direct Voltage Input Connection 3 CT

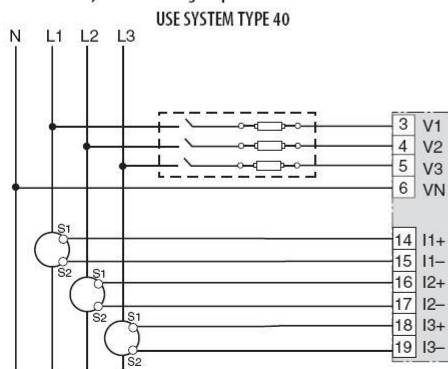


Figure 16

3-Phase 3-Wire Delta Connection 3CT 2PT

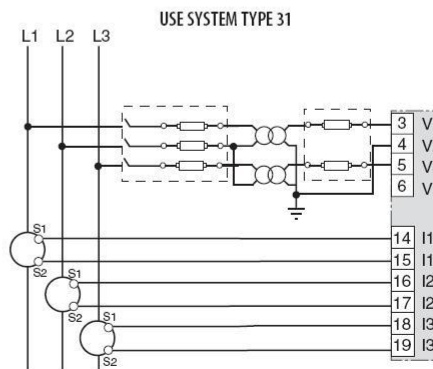


Figure 17

Anexo 3.2 Diagrama de conexión del medidor en los diferentes sistemas

H84xxV WIRING DIAGRAMS

3-Phase 4-Wire Wye Connection 3CT 2 PT

USE SYSTEM TYPE 40

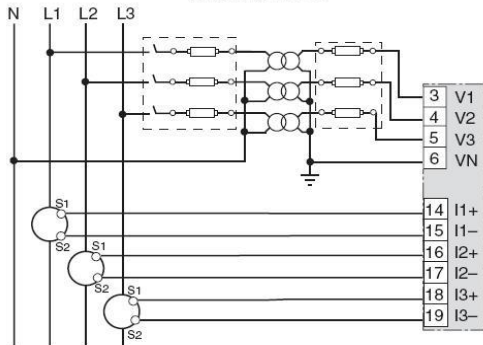


Figure 18

3-Phase 4-Wire Wye 3CT 2PT (for balanced voltage)

USE SYSTEM TYPE 42

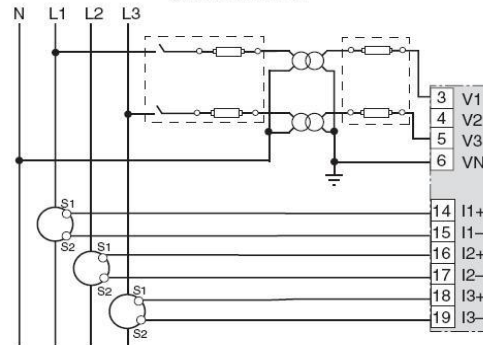


Figure 19

Balanced 3-Phase 4-Wire 3PT 1 CT

USE SYSTEM TYPE 44

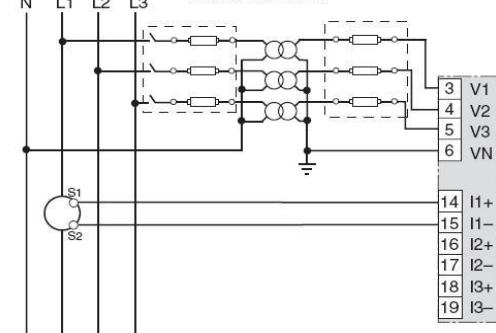


Figure 20

Balanced 3-Phase 3-Wire 1 CT 2 PT

USE SYSTEM TYPE 32

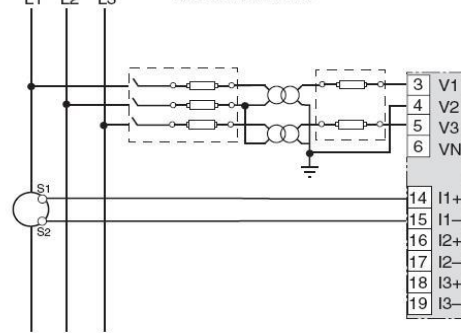


Figure 21

Balanced 3-Phase 4-Wire Direct Voltage Input Connection 1 CT

USE SYSTEM TYPE 44

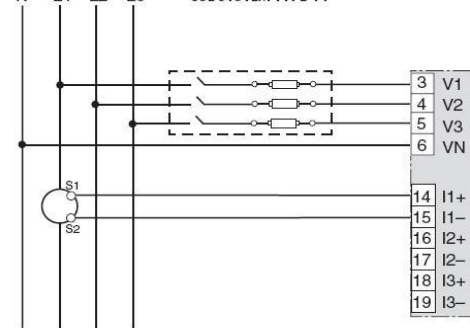


Figure 22

Balanced 3-Phase 3-Wire Direct Voltage Input Connection 1 CT

USE SYSTEM TYPE 32

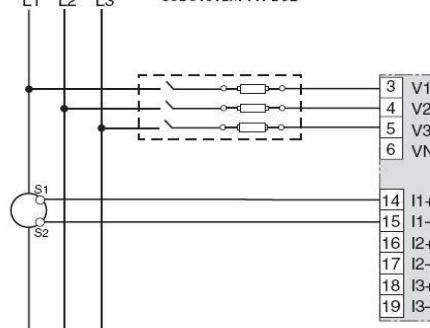


Figure 23

Anexo 3.3 Mapa de puntos de modbus

MODBUS POINT MAP

H8436-FDS H8437-EDS	H8400 REG.	R/W	NV	FORMAT	UNITS	Scale Factor/ Mult.	RANGE	DESCRIPTION	
Integer Statistics									
BDS									
3-Phase Summary									
• •	001	R	NV	ULong	kWh	E	0-0xFFFF	Real Energy Consumption (LSW)	
• •	002	R	NV	ULong	kWh	E	0-0xFFFF	Real Energy Consumption (MSW)	
• •	003	R		UInt	kW	W	0-32767	Total Instantaneous Real Power (3 Phase Total)	
FDS									
• •	004	R		UInt	kVA	W	0-32767	Total Instantaneous Apparent Power (3 Phase Total)	
• •	005	R		UInt	kVAR	W	0-32767	Total Instantaneous Reactive Power (3 Phase Total)	
• •	006	R		UInt		0.0001	0-10000	Total Power Factor (Total KW / Total KVA)	
• •	007	R		UInt	Volt	V	0-32767	Voltage, L-L, Average of 3 Phases	
• •	008	R		UInt	Volt	V	0-32767	Voltage, L-N, Average of 3 Phases	
• •	009	R		UInt	Amp	I	0-32767	Current, Average of 3 Phases	
Per Phase									
• •	010	R		UInt	kW	W	0-32767	Real Power, Phase A	
• •	011	R		UInt	kW	W	0-32767	Real Power, Phase B	
• •	012	R		UInt	kW	W	0-32767	Real Power, Phase C	
• •	013	R		UInt				Power Factor, Phase A	
• •	014	R		UInt				Power Factor, Phase B	
• •	015	R		UInt				Power Factor, Phase C	
• •	016	R		UInt	Volt	V	0-32767	Voltage, Phase A-B	
• •	017	R		UInt	Volt	V	0-32767	Voltage, Phase B-C	
• •	018	R		UInt	Volt	V	0-32767	Voltage, Phase A-C	
• •	019	R		UInt	Volt	V	0-32767	Voltage, Phase A-N	
• •	020	R		UInt	Volt	V	0-32767	Voltage, Phase B-N	
• •	021	R		UInt	Volt	V	0-32767	Voltage, Phase C-N	
• •	022	R		UInt	Amp	I	0-32767	Current, Instantaneous, Phase A	
• •	023	R		UInt	Amp	I	0-32767	Current, Instantaneous, Phase B	
• •	024	R		UInt	Amp	I	0-32767	Current, Instantaneous, Phase C	
FDS									
• •	025	R		UInt	Amp	I	0-32767	Current, Instantaneous, Neutral	
• •	026	R		UInt	Hz	0.01	4500-6500	Frequency (derived from Phase A)	
• •	027	R	NV	UInt	kW	W	0-32767	Total Real, Power Minimum	
• •	028	R	NV	UInt	kW	W	0-32767	Total Real, Power Maximum	
Accumulated Energy									
• •	029	R	NV	ULong	KVAh	E	0-0xFFFF	Apparent Energy Consumption (LSW)	
• •	030	R	NV	ULong	KVAh	E	0-0xFFFF	Apparent Energy Consumption (MSW)	
• •	031	R	NV	ULong	KVARh	E	0-0xFFFF	Reactive Energy Consumption (LSW)	
• •	032	R	NV	ULong	KVARh	E	0-0xFFFF	Reactive Energy Consumption (MSW)	
Per Phase Power									
• •	033	R		UInt	kVA	W	0-32767	Apparent Power, Phase A	
• •	034	R		UInt	kVA	W	0-32767	Apparent Power, Phase B	
• •	035	R		UInt	kVA	W	0-32767	Apparent Power, Phase C	
• •	036	R		UInt	kVAR	W	0-32767	Reactive Power, Phase A	
• •	037	R		UInt	kVAR	W	0-32767	Reactive Power, Phase B	
• •	038	R		UInt	kVAR	W	0-32767	Reactive Power, Phase C	
Demand									
• •	039	R		UInt	kW	W	0-32767	Total Real Power Present Demand	
• •	040	R		UInt	kVA	W	0-32767	Total Apparent Power Present Demand	
• •	041	R		UInt	kVAR	W	0-32767	Total Reactive Power Present Demand	
• •	042	R	NV	UInt	kW	W	0-32767	Total Real Power Max Demand	
• •	043	R	NV	UInt	kVA	W	0-32767	Total Apparent Power Max Demand	
• •	044	R	NV	UInt	kVAR	W	0-32767	Total Reactive Power Max Demand	
Usage Time									
• •	045	R	NV	UInt	Hours		0-32767	Usage Hours	This combination timer counts the total time for which the absolute current on at least one phase is >0.1 Amp.
• •	047	R	NV	UInt	Minutes		0-59	Usage Minutes	
• •	048	R	NV	UInt	Hours		0-32767	Total Hours	This timer counts the total time since the usage timer was reset.
• •	049	R	NV	UInt	Minutes		0-59	Total Minutes	
• •	050	R	NV	UInt	%		0-59	Percent Usage	Percent Usage = Usage Time / Total Time .

Anexo 3.4 Código de la ventana cuadro de datos

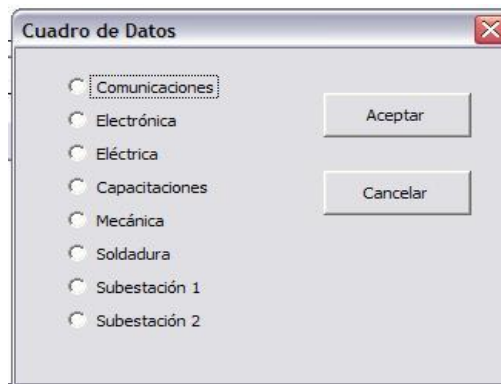


Figura 1. Ventana selección de datos por edificio.

```

Dim opcion
Private Sub OptionButton1_Click()
opcion = 1
End Sub

Private Sub OptionButton2_Click()
opcion = 2
End Sub

Private Sub OptionButton3_Click()
opcion = 3
End Sub

Private Sub OptionButton4_Click()
opcion = 4
End Sub

Private Sub OptionButton5_Click()
opcion = 5
End Sub

Private Sub OptionButton6_Click()
opcion = 6
End Sub
Private Sub OptionButton7_Click()
opcion = 7
End Sub

Private Sub OptionButton8_Click()
opcion = 8
End Sub

Private Sub CommandButton1_Click()
If opcion = 1 Then
Sheets("Edificio 2").Select
Range("a1").Select
UserForm1.Hide
End If

If opcion = 2 Then
Sheets("Edificio 3").Select
Range("a1").Select
UserForm1.Hide
End If

If opcion = 3 Then
Sheets("Edificio 4").Select
Range("a1").Select
UserForm1.Hide
End If

If opcion = 4 Then

```

Anexo 3.4 Código de la ventana cuadro de datos

```
Sheets("Edificio 5").Select
Range("a1").Select
UserForm1.Hide
End If
If opcion = 5 Then
Sheets("Edificio 6").Select
Range("a1").Select
UserForm1.Hide
End If
If opcion = 6 Then
Sheets("Edificio 7").Select
Range("a1").Select
UserForm1.Hide
End If
If opcion = 7 Then
Sheets("Subestacion 1").Select

Range("a1").Select
UserForm1.Hide
End If
If opcion = 8 Then
Sheets("Subestacion 2").Select
Range("a1").Select
UserForm1.Hide
End If
End Sub

Private Sub CommandButton2_Click()
Load UserForm1
UserForm1.Hide

End Sub
```

Anexo 3.5 Gráficos por tableros separados

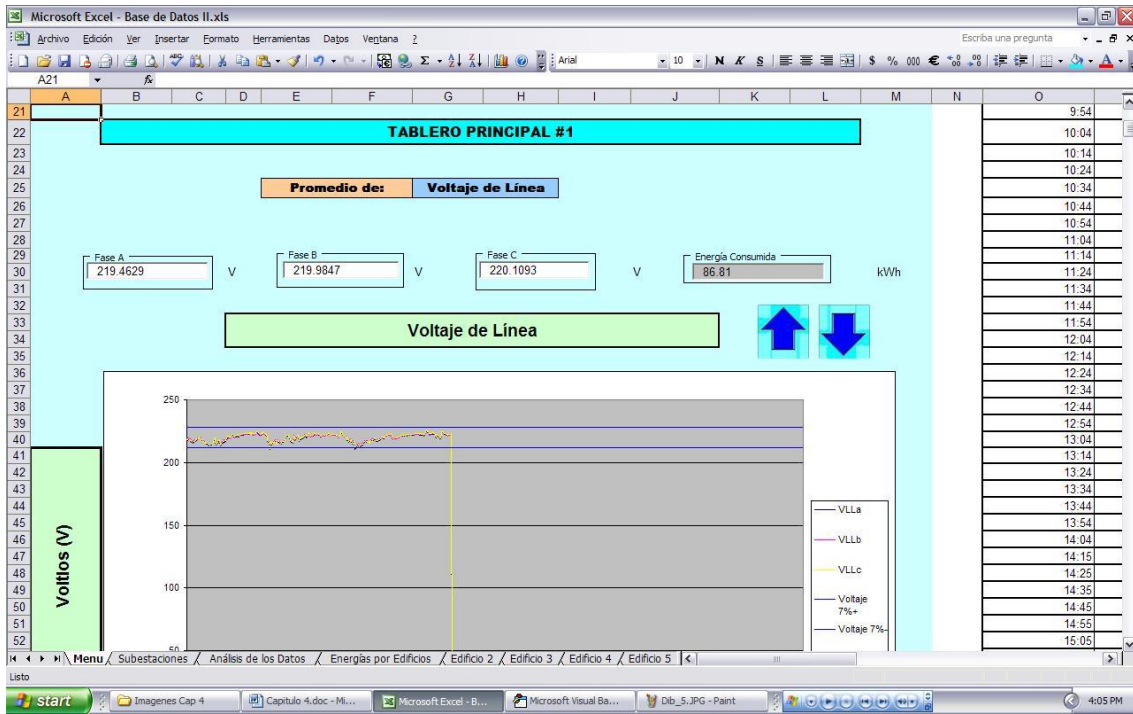


Figura 1. Grafica de tablero principal.

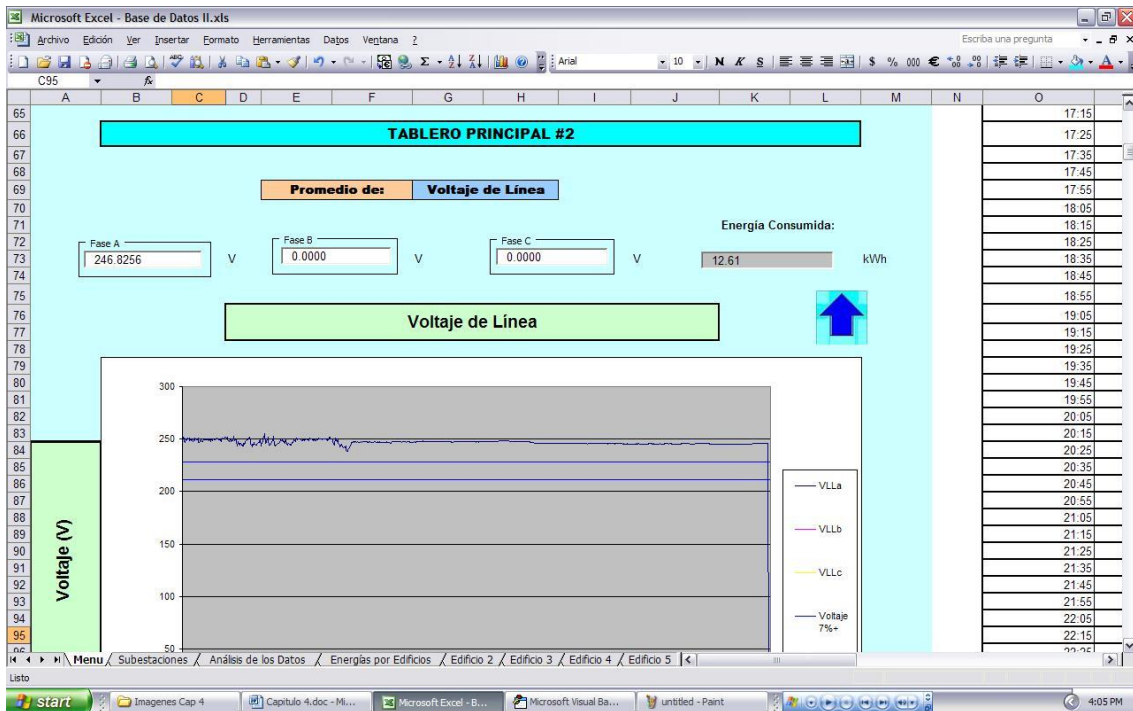


Figura 2. Grafica de tablero Secundario.

Anexo 3.6 Figura de tabla auxiliar en la hoja menú

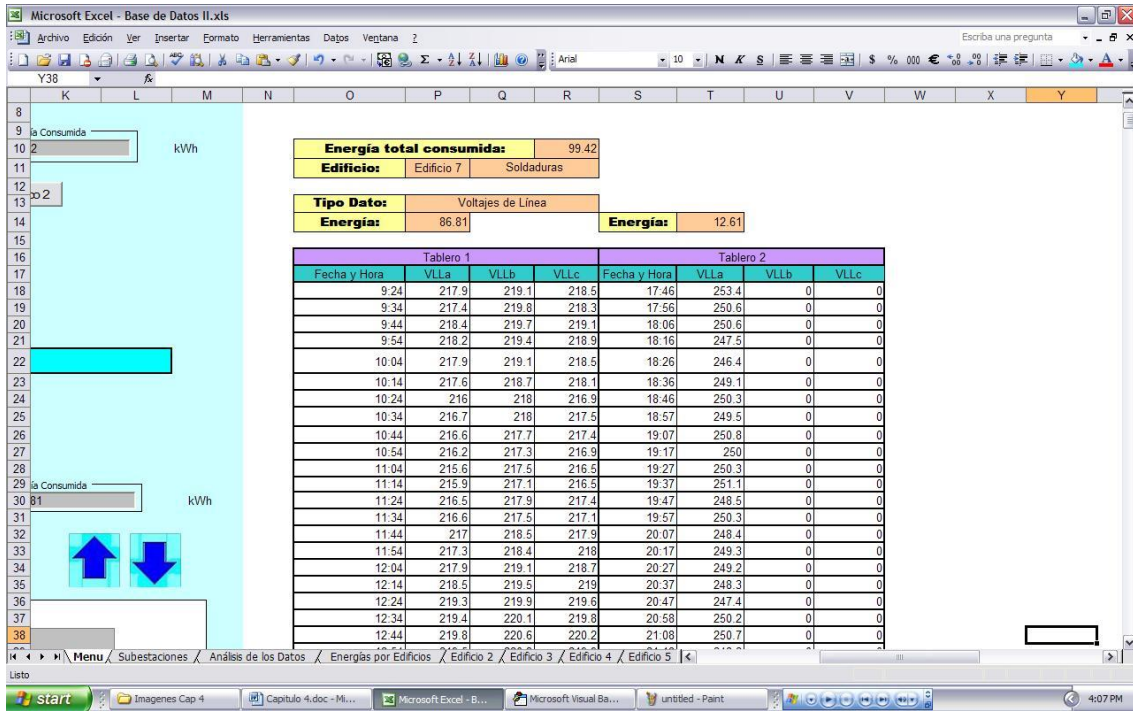


Figura 1. Tabla auxiliar dinámica para Edificios.

Anexo 3.7 Gráfico de tabla auxiliar de subestaciones

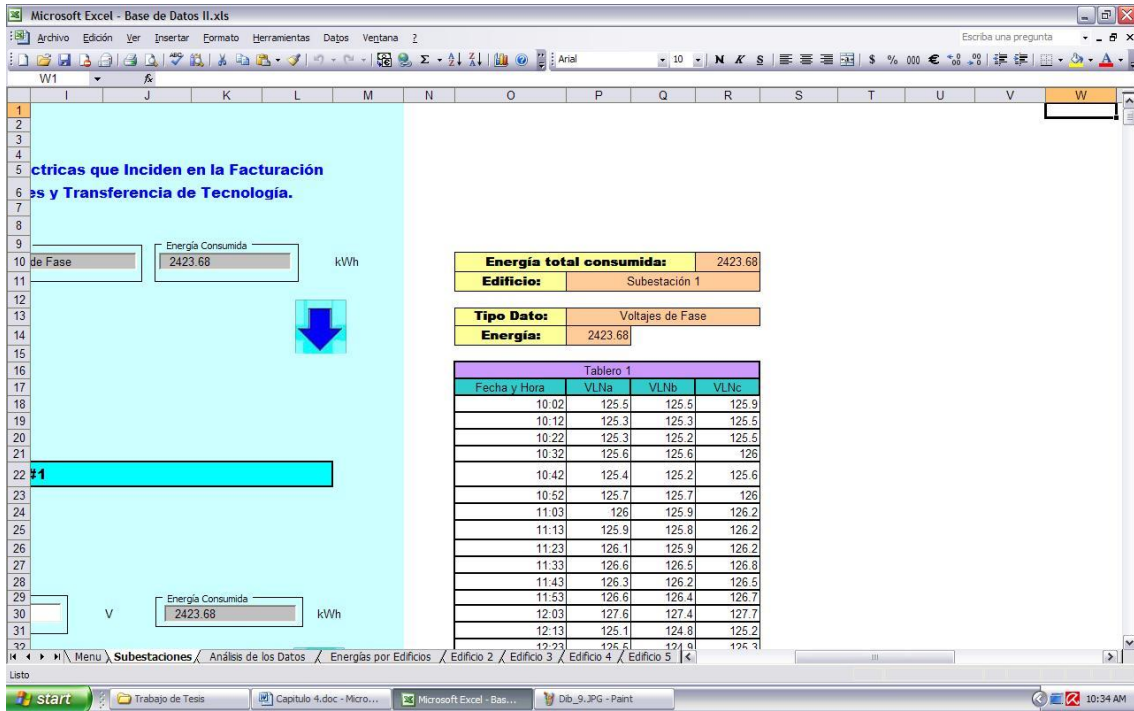


Figura 1. Tabla auxiliar dinámica para Subestaciones.

Anexo A.4.1. Tabla de muestra de factor de potencia del edificio de comunicaciones.

Tablero 1					Tablero 2				
<i>Hora</i>	<i>FPa</i>	<i>FPb</i>	<i>FPc</i>	<i>FP prom</i>	<i>Hora</i>	<i>FPa</i>	<i>FPb</i>	<i>FPc</i>	<i>FP prom</i>
10:35	0.8	0.982	0.824	0.869	7:18	0.881	0.973	1	0.951
10:45	0.815	0.956	0.83	0.867	7:28	0.941	0.998	1	0.980
10:55	0.806	0.98	0.825	0.870	7:38	0.874	0.956	1	0.943
11:05	0.823	0.926	0.832	0.860	7:48	0.821	0.938	1	0.920
11:15	0.799	0.982	0.823	0.868	7:58	0.87	0.947	1	0.939
11:25	0.813	0.955	0.827	0.865	8:08	0.833	0.942	1	0.925
11:36	0.8	0.981	0.826	0.869	8:19	0.838	0.934	1	0.924
11:46	0.828	0.93	0.837	0.865	8:29	0.805	0.979	1	0.928
11:56	0.821	0.96	0.835	0.872	8:39	0.841	0.971	0.994	0.935
12:06	0.825	0.961	0.843	0.876	8:49	0.834	0.976	0.989	0.933
12:16	0.83	0.93	0.836	0.865	8:59	0.835	0.976	0.985	0.932
12:26	0.808	0.981	0.831	0.873	9:09	0.84	0.989	0.985	0.938
12:36	0.822	0.958	0.838	0.873	9:19	0.838	0.969	0.985	0.931
12:46	0.782	0.946	0.791	0.840	9:29	0.839	0.978	0.983	0.933
12:56	0.811	0.931	0.822	0.855	9:39	0.844	0.958	0.977	0.926
13:06	0.802	0.803	0.811	0.805	9:49	0.834	0.987	0.985	0.935
13:16	0.796	0.904	0.815	0.838	9:59	0.831	0.955	0.976	0.921
13:26	0.799	0.907	0.816	0.841	10:09	0.825	0.947	0.979	0.917
13:37	0.802	0.905	0.817	0.841	10:20	0.836	0.981	0.982	0.933
13:47	0.81	0.801	0.82	0.810	10:30	0.836	0.968	0.978	0.927
13:57	0.806	0.797	0.815	0.806	10:40	0.829	0.971	0.98	0.927
14:07	0.805	0.794	0.814	0.804	10:50	0.834	0.967	0.982	0.928
14:17	0.801	0.789	0.812	0.801	11:00	0.834	0.964	0.984	0.927
14:27	0.799	0.79	0.811	0.800	11:10	0.835	0.965	0.979	0.926
14:37	0.799	0.792	0.811	0.801	11:20	0.852	0.958	1	0.937
14:47	0.803	0.793	0.814	0.803	11:30	0.814	0.978	1	0.931
14:57	0.799	0.79	0.811	0.800	11:40	0.804	0.978	1	0.927
15:07	0.8	0.788	0.81	0.799	11:50	0.801	0.984	1	0.928
15:17	0.79	0.901	0.81	0.834	12:00	0.819	0.993	1	0.937
15:27	0.789	0.901	0.811	0.834	12:10	0.796	0.984	1	0.927
15:38	0.792	0.901	0.812	0.835	12:21	0.798	0.892	1	0.897
15:48	0.797	0.903	0.817	0.839	12:31	0.815	0.967	1	0.927
15:58	0.796	0.903	0.814	0.838	12:41	0.82	0.901	1	0.907
16:08	0.795	0.905	0.816	0.839	12:51	0.811	0.942	1	0.918
16:18	0.799	0.906	0.819	0.841	13:01	0.821	0.973	1	0.931
16:28	0.441	0.562	0.43	0.478	13:11	0.804	0.938	1	0.914
16:38	0.464	0.573	0.409	0.482	13:21	0.813	0.793	1	0.869
16:48	0.478	0.56	0.453	0.497	13:31	0.814	0.979	1	0.931
16:58	0.449	0.571	0.417	0.479	13:41	0.803	0.987	1	0.930
17:08	0.441	0.549	0.44	0.477	13:51	0.821	0.968	1	0.930
17:18	1	1	1	1.000	14:01	0.807	0.947	1	0.918
17:28	1	1	1	1.000	14:11	0.795	0.968	1	0.921
17:39	1	1	1	1.000	14:22	0.82	0.95	1	0.923
17:49	1	1	1	1.000	14:32	0.802	0.959	1	0.920
17:59	1	1	1	1.000	14:42	0.811	0.953	1	0.921
18:09	1	1	1	1.000	14:52	0.827	0.964	1	0.930
18:19	1	1	1	1.000	15:02	0.81	0.959	1	0.923
18:29	1	1	1	1.000	15:12	0.816	0.984	1	0.933
Promedio	0.856	0.901	0.861	0.873	Promedio	0.831	0.943	0.983	0.919
Máximo	1	1	1	1	Máximo	1	0.993	1	0.938
Mínimo	0.441	0.549	0.409	0.477	Mínimo	0.795	0.793	0.665	0.862

Anexo A.4.2. Normativa de factor de potencia.

Factor de potencia.

Art.62. Valor Mínimo para el Factor de Potencia. El valor mínimo admitido para el factor de potencia se discrimina de acuerdo a la potencia que demanda el usuario final, de la siguiente forma:

Tabla N° 7 - Límites de Factor de Potencia admitido

Rango	F.P
Usuarios con potencias superiores a 10 kW	0.9

Art.63. Control para el Factor de Potencia. El control se realizará en el punto de medición o en la acometida del Usuario, en períodos mínimos de siete días calendario registrando datos de energía activa y reactiva. El factor de potencia se determinará, efectuando mediciones tanto en el período horario de punta como en el resto del día, de acuerdo a lo indicado a continuación:

$$FP = \frac{EnergAct}{\sqrt{EnergAct^2 + Energ Re act^2}}$$

Donde:

FP: Factor de Potencia para el período horario (p)

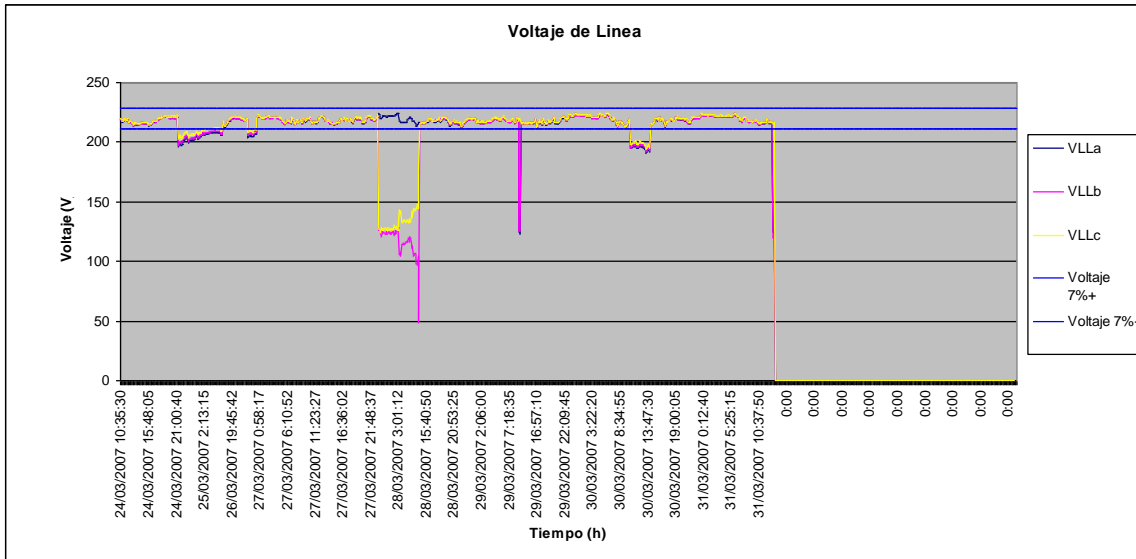
EnergAct: Energía activa registrada en el período de registro para el período horario (p)

EnergReact: Energía reactiva registrada en el período de registro para el período horario (p)

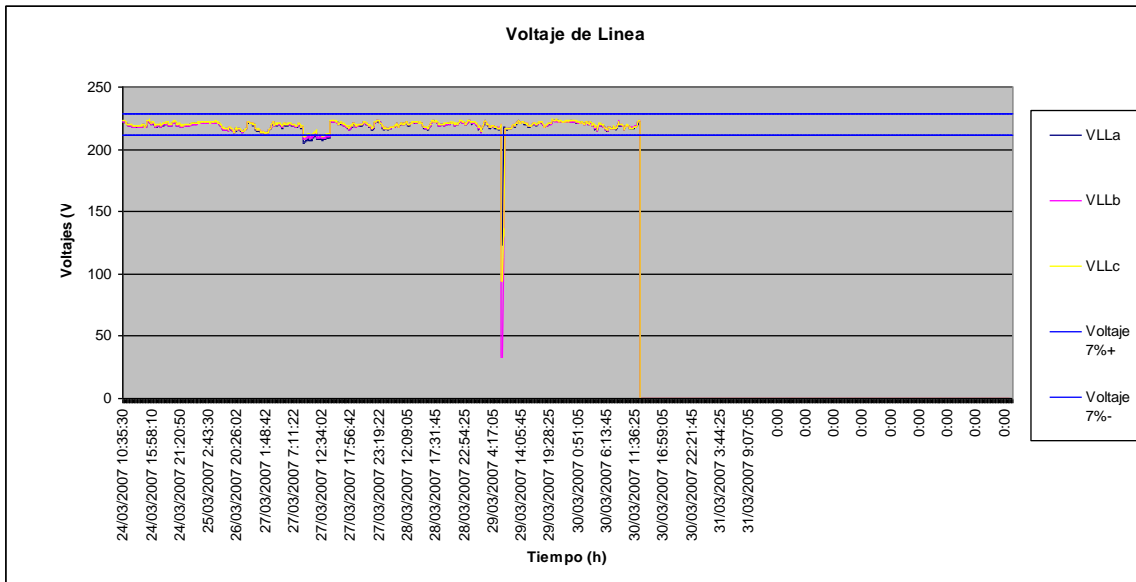
Anexo A.4.3. Tabla de muestra de corrientes de fase del edificio de comunicaciones.

Tablero 1					Tablero 2				
Hora	Ia	Ib	Ic	Desbalance	Hora	Ia	Ib	Ic	Desbalance
8:11	20.7	16.8	23.6	17%	8:06	6.8	9.5	0	90%
8:21	19.9	16.1	22.8	17%	8:17	7.2	9.6	0	89%
8:32	19.8	16	22.6	17%	8:27	7.4	17.3	0	105%
8:42	2.8	2.5	5.4	45%	8:37	8.2	15.7	0	99%
8:52	36.3	29.4	23.9	21%	8:47	7.4	9.9	0	89%
9:02	35.5	28.6	23.4	21%	8:57	7.3	17.7	0	107%
9:12	18.1	16.2	5.4	52%	9:07	7.7	10.4	0	89%
9:22	36	28.9	23.5	21%	9:17	7.4	11.9	0	93%
9:32	18.3	16.5	5.4	52%	9:27	7.3	13.6	0	98%
9:42	18.2	16.4	5.4	52%	9:37	8.2	12.4	0	92%
9:52	36	29.2	23.7	21%	9:47	6.8	8.9	0	89%
10:02	18.1	16.2	3.8	61%	9:57	6.6	8.1	0	88%
10:12	36.2	29.3	23.6	21%	10:07	6.7	8.3	0	88%
10:22	18.4	16.6	3.9	61%	10:18	7.3	8.4	0	87%
10:33	40.3	33	25.8	22%	10:28	7.6	18.2	0	106%
10:43	36.1	29.2	23.6	21%	10:38	7	5.6	0	88%
10:53	18.5	16.6	3.8	62%	10:48	6.5	14.1	0	103%
11:03	36.8	29.8	22.3	24%	10:58	6.5	12.9	0	100%
11:13	36.5	29.7	22.1	24%	11:08	8.5	6.8	0	88%
11:23	2.8	2.4	3.8	24%	11:18	8.6	7.2	0	88%
11:33	37.1	30.2	22.3	25%	11:28	6.6	6.2	0	87%
11:43	2.8	2.4	3.8	24%	11:38	6.5	15.1	0	105%
11:53	18.7	16.9	3.8	62%	11:48	6.6	6.1	0	87%
12:03	36.7	29.8	22	25%	11:58	7	5.7	0	88%
12:13	2.9	2.5	3.8	22%	12:08	6.8	17.5	0	109%
12:23	18.4	16.5	3.4	64%	12:19	6.5	13.2	0	101%
12:34	36.2	29.1	21.3	26%	12:29	5.9	5.1	0	87%
12:44	2.9	2.5	3.4	15%	12:39	5.9	5	0	87%
12:54	37.9	30.8	22.6	25%	12:49	5.9	5.9	0	87%
13:04	18.8	16.9	3.8	62%	12:59	6.5	5.1	0	88%
13:14	2.8	2.5	3.7	21%	13:09	6.5	7.3	0	87%
13:24	36.7	29.8	22	25%	13:19	6.6	12	0	97%
13:34	36.5	29.6	21.9	25%	13:29	6.7	20.5	0	115%
13:44	18.4	16.6	3.8	62%	13:39	7.1	20.2	0	113%
13:54	18.4	16.5	3.7	62%	13:49	7.1	20.3	0	113%
14:04	48.8	44.1	37.6	13%	13:59	7.1	23.5	0	118%
14:14	33.3	31.4	3.8	72%	14:09	7.1	12.6	0	96%
14:24	32.9	31.1	3.8	72%	14:20	7.1	12.9	0	97%
14:35	20.7	16.9	21.8	13%	14:30	6.5	18.8	0	113%
14:45	18.8	17	3.8	62%	14:40	6.6	10.3	0	93%
14:55	38.9	32	24.3	23%	14:50	6.6	10	0	92%
15:05	36.3	29.6	22	24%	15:00	6.8	8.3	3.5	40%
15:15	18.4	16.6	3.8	62%	15:10	6.9	7.3	3.4	37%
15:25	36.5	29.7	23.9	21%	15:20	7.3	7.3	3.4	38%
15:35	18.7	16.9	3.8	62%	15:30	6.7	6.7	3.4	34%
15:45	18.5	16.7	3.8	62%	15:40	7	7.5	3.4	37%
15:55	18.1	16.3	5	54%	15:50	6.8	6.6	0	87%
16:05	18.2	16.3	5.3	52%	16:00	6.8	6.7	0	87%
16:15	35.9	29	23.8	21%	16:10	6.6	5.4	0	88%
16:25	35.6	28.8	21.5	25%	16:21	7	6.9	0	87%
16:36	35.2	28.5	23.2	21%	16:31	7.5	16.7	0	104%

Anexo A.4.4. Gráficos de los voltajes de línea del edificio de comunicaciones.



Grafica de Voltajes de Línea del Tablero 1



Grafica de Voltajes de Línea del Tablero 2

Anexo A.4.5. Normativa de voltaje.

Art.21. La empresa distribuidora deberá mantener sus niveles de tensión, dentro de los rangos señalados en esta norma, de manera que los equipos eléctricos de los usuarios puedan operar eficientemente dentro de las tensiones normalizadas para el sistema de distribución eléctrica.

Indicadores Individuales de Producto Técnico

Art.22. Niveles de Tensión. El Indicador de Calidad para evaluar la tensión de entrega en un intervalo de medición k, es la diferencia ΔV_k entre la media de los valores eficaces (RMS) instantáneos medidos en el punto de entrega V_k y el valor de la tensión nominal V_N del mismo punto. Este indicador está expresado como un porcentaje de la tensión nominal del punto:

$$\Delta V_k(\%) = \frac{V_k - V_N}{V_N} * 100$$

Art.23. Límites Admisibles. Los niveles máximo y mínimo de tensión, según las zonas de servicio, en el punto de suministro o entrega al usuario, se indican en la siguiente Tabla:

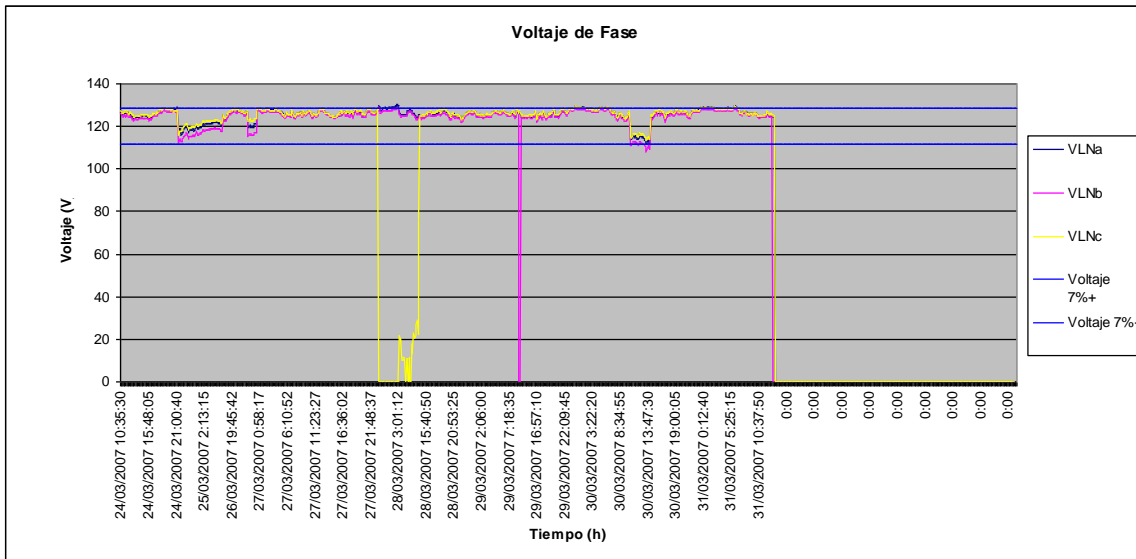
Límites permisibles de Tensión V_k

Nivel de Tensión	Vk		
	Régimen periodo año 2005 en adelante		
	Urbano	Rural	Aislado
Baja Tensión (≤ 600)	$\pm 7\%$	$\pm 8\%$	$\pm 8.50\%$
Alta tensión ($600V < V < 115kV$)	$\pm 6\%$	$\pm 7\%$	$\pm 8.50\%$

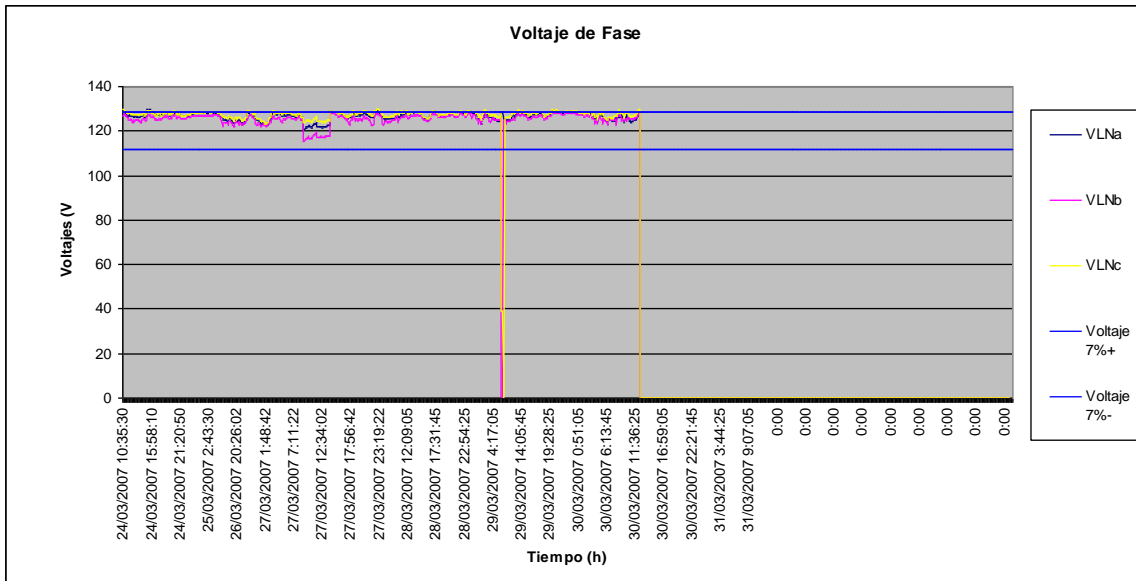
Anexo A.4.5. Normativa de voltaje

Art.24. Las empresas distribuidoras serán responsables del cumplimiento de los límites permisibles de tensión en redes de distribución de terceros que sean operadas por el distribuidor, es decir, aquellas sobre las que hayan asumido su responsabilidad de la operación, mantenimiento y reposición de conformidad al plan de trabajo que hubiere sido presentado y aprobado por SIGET. Esta condición no aplicará a aquellas líneas de terceros cuando por cualquier medio se obstaculice, dificulte o impida al distribuidor realizar las labores de operación, mantenimiento y reposición de las mismas.

Anexo A.4.6. Gráficos de los voltajes de fase del edificio de comunicaciones.



Grafica de Voltajes de Fase del Tablero 1



Grafica de Voltajes de Fase del Tablero 2

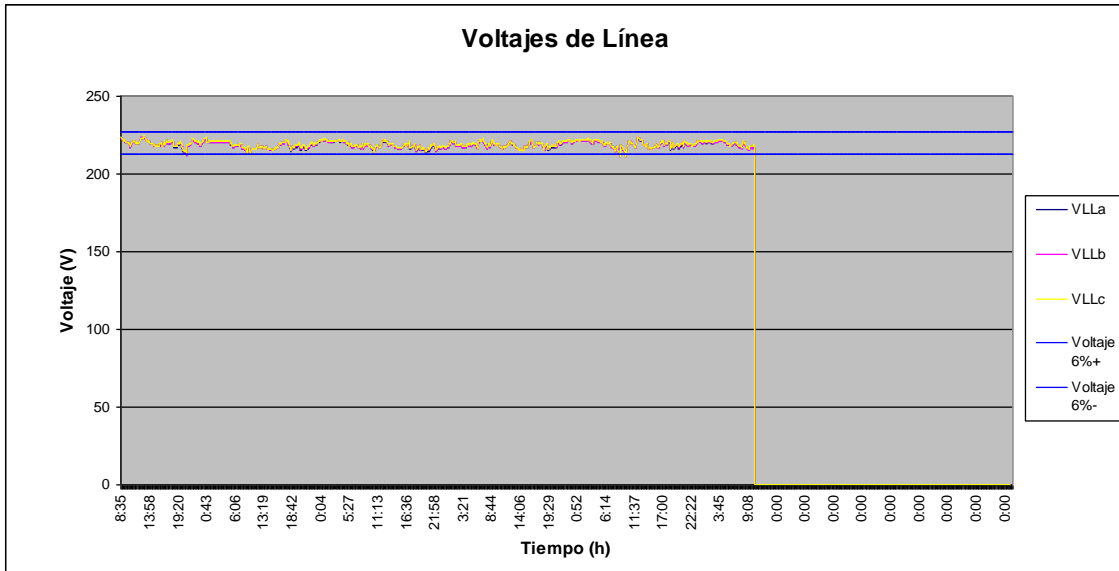
Anexo B.4.1. Tabla de muestra de factor de potencia del edificio de eléctrica.

Tablero 1					Tablero 2				
Hora	FPa	FPb	FPc	FP prom	Hora	FPa	FPb	FPc	FP prom
10:58	0,839	0,829	0,762	0,810	14:00	0,769	0,748	0,872	0,796
11:08	0,836	0,83	0,764	0,810	14:10	0,761	0,734	0,871	0,789
11:18	0,838	0,832	0,761	0,810	14:20	0,762	0,75	0,874	0,795
11:28	0,837	0,829	0,761	0,809	14:30	0,756	0,769	0,921	0,815
11:38	0,838	0,829	0,763	0,810	14:40	0,756	0,72	0,958	0,811
11:48	0,839	0,83	0,763	0,811	14:50	0,763	0,715	0,973	0,817
11:58	0,83	0,803	0,744	0,792	15:00	0,759	0,704	0,973	0,812
12:09	0,821	0,811	0,779	0,804	15:10	0,752	0,826	0,958	0,845
12:19	0,822	0,818	0,786	0,809	15:20	0,758	0,819	0,952	0,843
12:29	0,822	0,8	0,777	0,800	15:30	0,755	0,819	0,952	0,842
12:39	0,83	0,809	0,784	0,808	15:40	0,753	0,8	0,954	0,836
12:49	0,822	0,809	0,781	0,804	15:51	0,801	0,793	0,955	0,850
12:59	0,834	0,812	0,784	0,810	16:01	0,766	0,79	0,97	0,842
13:09	0,869	0,83	0,782	0,827	16:11	0,761	0,885	0,97	0,872
13:19	0,843	0,822	0,788	0,818	16:21	0,768	0,885	0,97	0,874
13:29	0,812	0,817	0,772	0,800	16:31	0,94	0,882	0,972	0,931
13:39	0,831	0,841	0,805	0,826	16:41	0,765	0,882	0,969	0,872
13:49	0,826	0,835	0,796	0,819	16:51	0,77	0,883	0,976	0,876
13:59	0,831	0,846	0,806	0,828	17:01	0,773	0,884	0,98	0,879
14:10	0,856	0,864	0,808	0,843	17:11	0,784	0,874	0,983	0,880
14:20	0,84	0,858	0,804	0,834	17:21	0,78	0,872	0,98	0,877
14:30	0,848	0,844	0,789	0,827	17:31	0,777	0,882	0,968	0,876
14:40	0,848	0,844	0,803	0,832	17:41	0,781	0,913	0,973	0,889
14:50	0,842	0,841	0,801	0,828	17:52	0,776	0,882	0,974	0,877
15:00	0,817	0,835	0,785	0,812	18:02	0,776	0,91	0,975	0,887
15:10	0,837	0,855	0,835	0,842	18:12	0,764	0,912	0,986	0,887
15:20	0,848	0,818	0,812	0,826	18:22	0,777	0,91	0,985	0,891
15:30	0,846	0,85	0,808	0,835	18:32	0,765	0,903	0,984	0,884
15:40	0,836	0,833	0,793	0,821	18:42	0,769	0,914	0,985	0,889
15:50	0,827	0,834	0,801	0,821	18:52	0,75	0,917	0,984	0,884
16:00	0,839	0,882	0,752	0,824	19:02	0,763	0,914	0,985	0,887
16:11	0,852	0,857	0,811	0,840	19:12	0,759	0,92	0,984	0,888
16:21	0,854	0,832	0,783	0,823	19:22	0,773	0,951	0,981	0,902
16:31	0,825	0,825	0,734	0,795	19:32	0,773	0,972	0,982	0,909
16:41	0,822	0,816	0,775	0,804	19:42	0,778	0,955	0,694	0,809
16:51	0,828	0,833	0,784	0,815	19:53	0,775	0,963	0,655	0,798
17:01	0,82	0,819	0,771	0,803	20:03	0,763	0,965	0,734	0,821
17:11	0,498	0,615	0,594	0,569	20:13	0,749	0,909	0,685	0,781
17:21	0,498	0,579	0,629	0,569	20:23	0,749	0,759	0,696	0,735
17:31	1	0,608	0,642	0,750	20:33	0,753	0,721	0,68	0,718
17:41	1	0,584	0,636	0,740	20:43	0,75	0,744	0,747	0,747
17:51	1	0,443	0,648	0,697	20:53	0,743	0,738	0,691	0,724
18:01	1	0,451	0,622	0,691	21:03	0,739	0,749	0,7	0,729
18:12	1	0,492	0,569	0,687	21:13	0,769	0,733	0,703	0,735
18:22	1	0,461	0,565	0,675	21:23	0,803	0,696	0,68	0,726
18:32	1	0,493	0,597	0,697	21:33	0,778	0,711	0,679	0,723
18:42	1	0,514	0,529	0,681	21:43	0,779	0,707	0,735	0,740
18:52	1	0,516	0,525	0,680	21:54	0,797	0,752	0,665	0,738
19:02	1	0,546	0,527	0,691	22:04	0,776	0,687	0,641	0,701
19:12	1	0,456	0,52	0,659	22:14	0,775	0,718	0,659	0,717
Promedio	0,868	0,755	0,717	0,780	Promedio	0,770	0,817	0,864	0,817
Máximo	1	1	0,835	0,869	Máximo	0,94	0,972	0,986	0,931
Mínimo	0,498	0,443	0,359	0,569	Mínimo	0,728	0,669	0,641	0,701

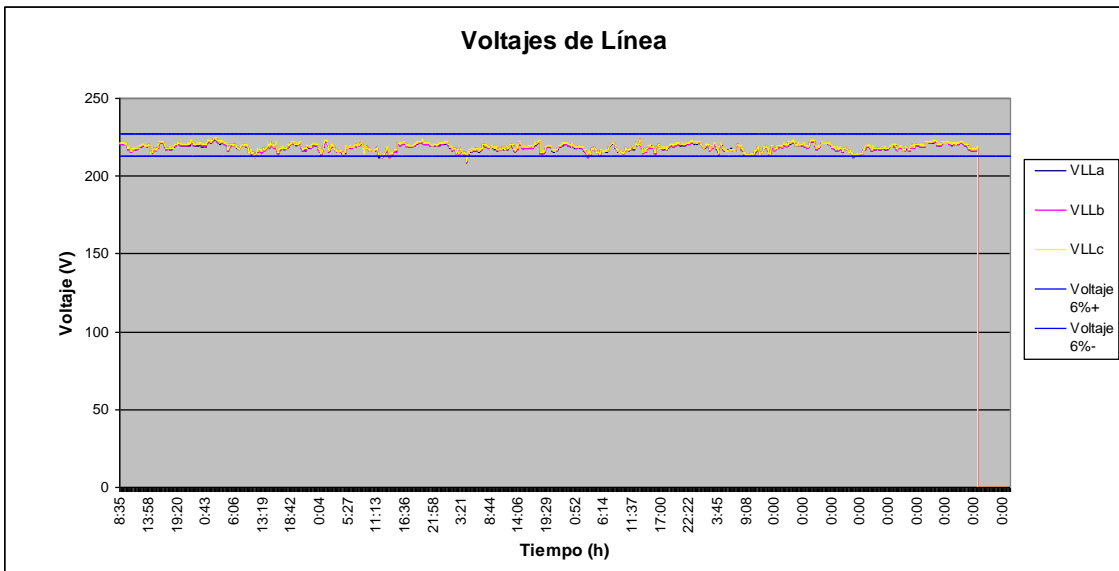
Anexo B.4.2. Tabla de muestra de corrientes de fase del edificio de eléctrica.

Tablero 1					Tablero 2				
Hora	la	lb	lc	desbalaces	Hora	la	lb	lc	desbalaces
8:37	17	14,2	16,2	9%	12:19	5,9	3,4	7,6	38%
10:38	26,6	24,8	25,9	4%	12:29	5,9	3,4	8,2	41%
10:48	26,6	25,3	26,2	3%	12:39	5,9	3,3	7,5	38%
10:58	26,6	25,2	26	3%	12:49	5,8	3,6	7,5	35%
11:08	26,8	24,3	26,4	5%	12:59	5,2	4,2	7,5	30%
11:18	26,7	24,4	26,5	5%	13:09	5,1	4,3	7,5	30%
11:28	26,9	24,4	26,5	5%	13:19	5,8	8,3	19,6	65%
11:38	26,4	24	26,1	5%	13:29	7	7,5	21,7	69%
11:48	26,6	24,2	26,3	5%	13:39	6,8	7,7	22,4	71%
11:58	27,1	24,8	26,6	5%	13:50	6,8	7,5	23,4	75%
12:09	26,9	23,5	26,4	7%	14:00	7,3	7,8	23,4	71%
12:19	11,7	11,5	12,6	5%	14:10	10,9	7,7	23,3	59%
12:29	11,7	11,3	12,6	6%	14:20	10,7	7,4	23,1	60%
12:39	11,8	11,3	12,6	6%	14:30	10,6	4,7	15	51%
12:49	12	11,5	12,9	6%	14:40	8,8	3,4	11,3	52%
12:59	11,9	11,7	12,8	5%	14:50	10,2	4,3	10,6	42%
13:09	12	11,7	13	6%	15:00	10,7	4	10,3	45%
13:19	13,4	12,5	14,2	6%	15:10	11	12,2	11,4	5%
13:29	13,1	12,5	14	6%	15:20	11,1	13,6	12,2	10%
13:39	12,7	12,2	13	3%	15:30	10,1	13,7	12,6	15%
13:49	13	12,6	13,6	4%	15:40	10,5	13,9	12,4	14%
13:59	12,9	12,6	13,5	4%	15:51	10,7	13,7	12,5	12%
14:10	12,9	12,9	13,6	3%	16:01	9,5	13,5	15,7	24%
14:20	12,7	14,5	13,8	7%	16:11	9,5	17,2	15,6	29%
14:30	12,4	13,5	13,3	4%	16:21	9,5	17,1	15,6	29%
14:40	12,7	12,8	13,5	3%	16:31	17,5	17,7	15,7	6%
14:50	13	12,9	14,1	5%	16:41	9,2	18,1	15,7	32%
15:00	13,1	12,9	14,1	5%	16:51	8,9	17,7	15	33%
15:10	12,7	13	13,2	2%	17:01	8,9	18,1	14,4	34%
15:20	12,2	12,1	12,2	0%	17:11	7,8	17,8	14,4	38%
15:30	12	12	12,4	2%	17:21	6,9	18,3	15	44%
15:40	11,9	11,6	12,2	3%	17:31	6,8	17,4	16,6	43%
15:50	11,8	11,5	11,8	1%	17:41	6,9	21,3	16,1	49%
16:00	11,6	11	11,5	3%	17:52	6,8	18,4	14,8	45%
16:11	11,8	11,5	11,7	1%	18:02	5,5	20,8	14,9	56%
16:21	11,8	11,5	11,8	1%	18:12	5,5	20,4	13,1	57%
16:31	12	11,6	11,9	2%	18:22	5,5	20,5	13,1	58%
16:41	11,7	11,4	11,8	2%	18:32	5,5	21,3	13,1	59%
16:51	11,4	11,1	11,5	2%	18:42	5,4	19,2	13,2	55%
17:01	11,7	11,2	11,6	2%	18:52	5,4	19,6	12,5	57%
17:11	11,1	10,9	11,2	1%	19:02	5,5	21	12,5	60%
17:21	5,3	2,4	2,4	50%	19:12	5,5	19,5	12,5	56%
17:31	5,3	2,5	2,7	45%	19:22	5,4	16	9,2	53%
17:41	0	2,6	2,7	87%	19:32	5,4	13,3	9,2	42%
17:51	0	2,1	2,5	88%	19:42	5,4	13,6	2,3	82%
18:01	0	2,1	2,6	88%	19:53	5,5	10,7	2,2	70%
18:12	0	2,1	2,3	87%	20:03	5,3	10,7	2,6	67%
18:22	0	1,8	1,9	87%	20:13	3,6	4,3	2,2	32%
18:32	0	1,9	2	87%	20:23	3,6	2,6	2,2	26%
18:42	0	2,3	2,2	87%	20:33	3,6	2,6	2,2	26%
18:52	0	2	1,9	87%	20:43	3,6	2,6	2,2	26%

Anexo B.4.3. Gráficos de los voltajes de línea del edificio de eléctrica.

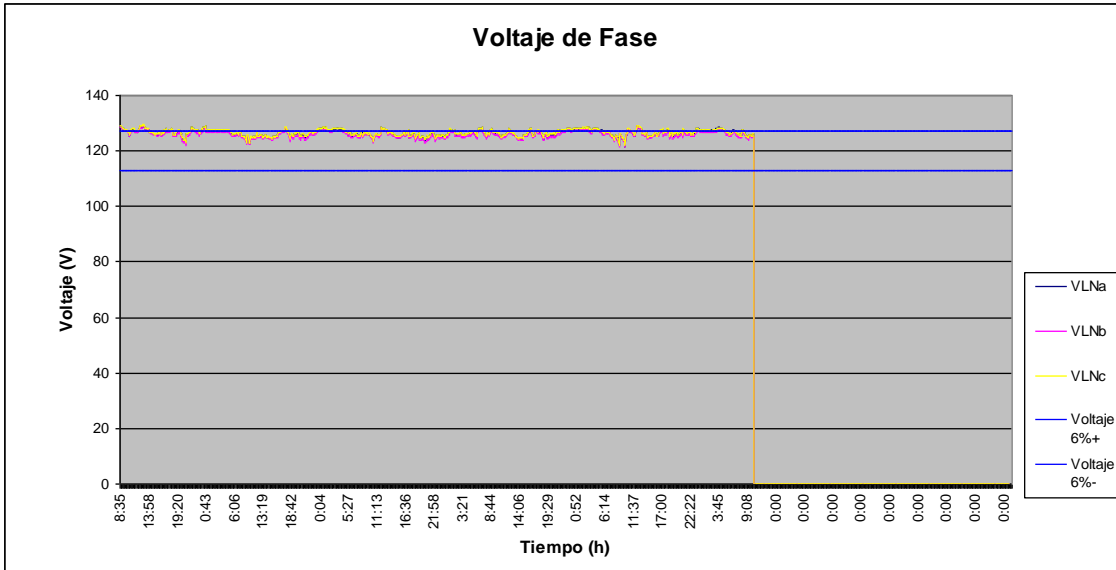


Gráfica de Voltajes de Línea del Tablero 1

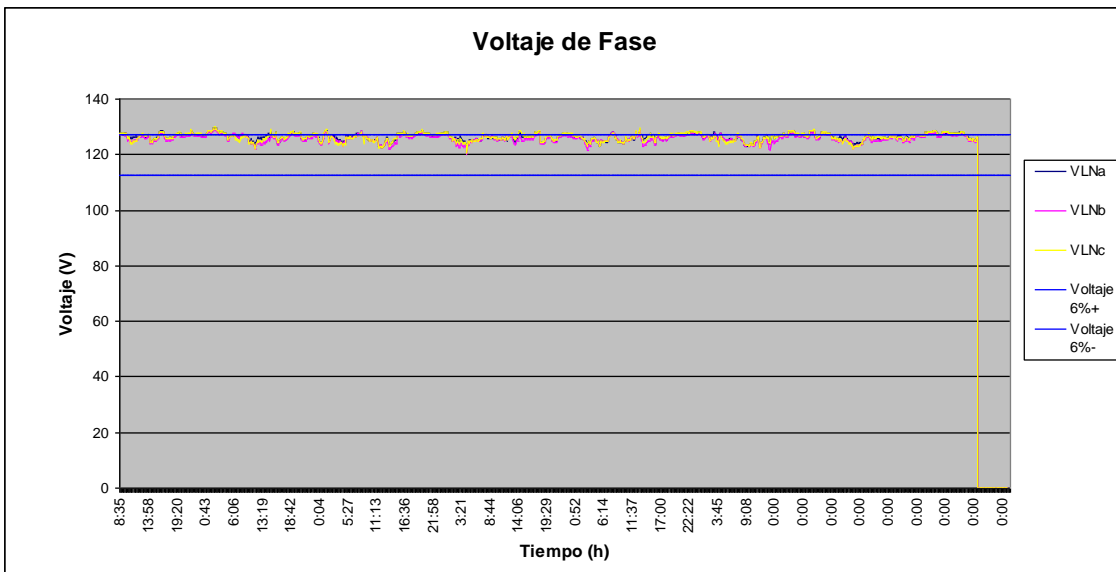


Gráfica de Voltajes de Línea del Tablero 2

Anexo B.4.4. Gráficos de los voltajes de fase del edificio de eléctrica.



Grafica de Voltajes de Fase del Tablero 1



Grafica de Voltajes de Fase del Tablero 2

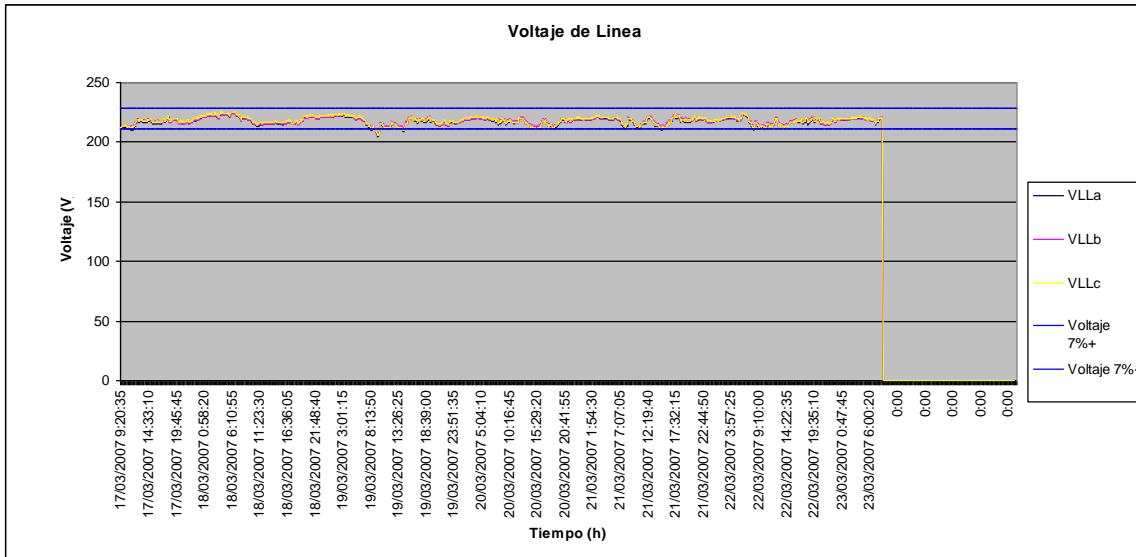
Anexo C.4.1. Tabla de muestra de factor de potencia de edificio de metrología.

Hora	FPa	FPb	FPc	FP prom
9:20	0.878	0.797	0.881	0.852
9:30	0.889	0.661	0.909	0.820
9:40	0.876	0.796	0.878	0.850
9:50	0.881	0.799	0.853	0.844
10:00	0.925	0.762	0.847	0.845
10:11	0.89	0.667	0.942	0.833
10:21	0.88	0.807	0.882	0.856
10:31	0.877	0.805	0.878	0.853
10:41	0.888	0.661	0.909	0.819
10:51	0.884	0.808	0.855	0.849
11:01	0.899	0.806	0.882	0.862
11:11	0.941	0.777	0.892	0.870
11:21	0.937	0.778	0.853	0.856
11:31	0.893	0.807	0.858	0.853
11:41	0.939	0.763	0.845	0.849
11:51	0.933	0.769	0.845	0.849
12:01	0.885	0.799	0.844	0.843
12:12	0.882	0.791	0.847	0.840
12:22	0.925	0.802	0.846	0.858
12:32	0.929	0.792	0.86	0.860
12:42	0.848	0.808	0.858	0.838
12:52	0.966	0.754	0.932	0.884
13:02	0.763	0.76	0.904	0.809
13:12	0.85	0.877	0.867	0.865
13:22	0.872	0.917	0.846	0.878
13:32	0.865	0.899	0.866	0.877
13:42	0.85	0.882	0.864	0.865
13:52	0.761	0.82	0.915	0.832
14:02	0.853	0.877	0.845	0.858
14:13	0.849	0.886	0.849	0.861
14:23	0.849	0.879	0.858	0.862
14:33	0.853	0.889	0.864	0.869
14:43	0.853	0.885	0.835	0.858
14:53	0.851	0.854	0.84	0.848
15:03	0.877	0.882	0.883	0.881
15:13	0.882	0.845	0.854	0.860
15:23	0.86	0.799	0.86	0.840
15:33	0.849	0.794	0.855	0.833
15:43	0.854	0.794	0.869	0.839
15:53	0.858	0.814	0.847	0.840
16:03	0.693	0.745	0.797	0.745
16:14	0.844	0.83	0.857	0.844
16:24	0.698	0.736	0.895	0.776
16:34	0.702	0.742	0.888	0.777
16:44	0.701	0.746	0.883	0.777
16:54	0.697	1	0.835	0.844
17:04	0.709	1	0.896	0.868
17:14	0.693	1	0.882	0.858
17:24	0.708	1	0.88	0.863

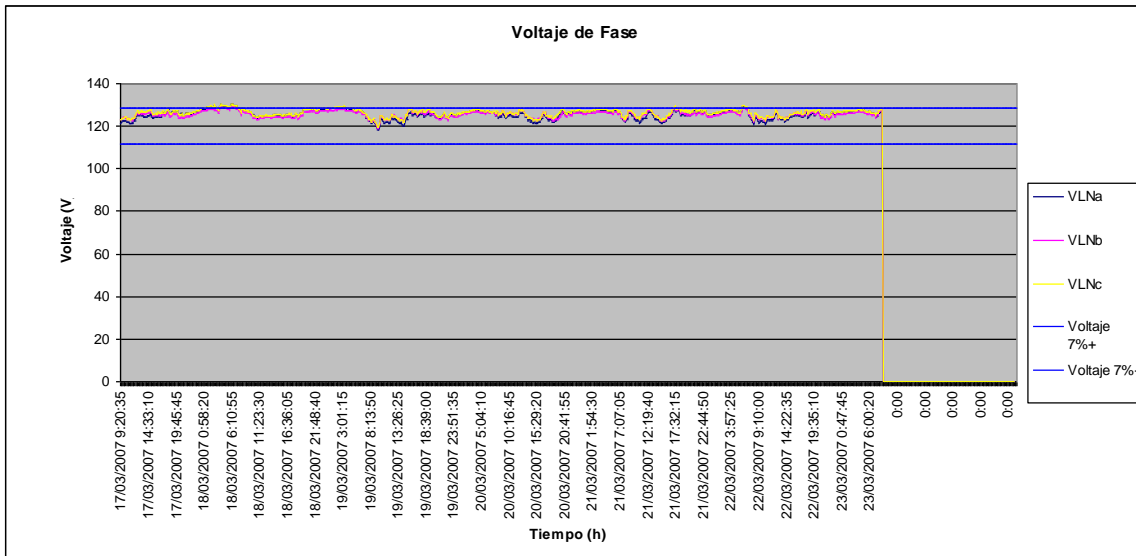
Anexo C.4.2. Tabla de muestra de corrientes de fase de edificio de metrología.

Hora	Ia	Ib	Ic	Desbalance
9:20	23.2	16.8	18.4	17%
9:30	10.6	4.7	2.7	68%
9:40	23	16.9	18.5	16%
9:50	31.5	26.1	26.4	11%
10:00	17.4	13.5	11	23%
10:11	10.4	4.6	3.6	59%
10:21	23.6	17.4	18.9	16%
10:31	23.1	16.9	17.3	18%
10:41	10.6	4.7	2.7	68%
10:51	31.5	26.2	26.6	11%
11:01	24.4	17.4	18.8	18%
11:11	19.5	13.8	11.3	28%
11:21	18.9	13.3	10.3	31%
11:31	32.2	26.2	26.5	12%
11:41	18.5	13.4	10.8	28%
11:51	18.3	13.4	10.8	27%
12:01	31.8	26.2	25.2	13%
12:12	32.5	26.3	25.7	13%
12:22	13.8	14.9	11.4	13%
12:32	13.4	14.5	11.2	13%
12:42	28.4	27.4	26.9	3%
12:52	5.9	5.7	4	20%
13:02	2.5	4.2	2.7	30%
13:12	16.1	14.7	12	15%
13:22	18.7	16.3	11	26%
13:32	19	16.4	11.2	26%
13:42	19.3	17.2	10	31%
13:52	14.5	9.9	2.7	66%
14:02	20.8	16.9	11.1	30%
14:13	20.8	17.3	11	30%
14:23	20.8	16.7	11	30%
14:33	21	17.4	10.3	34%
14:43	20.9	17	9.9	35%
14:53	17.7	14.5	11.2	22%
15:03	18.7	15.1	11.9	22%
15:13	34.8	30.6	25.9	15%
15:23	29.2	26.3	26	7%
15:33	28.1	26.1	26.5	4%
15:43	10.5	9.7	10.9	6%
15:53	10.6	9.8	10.7	5%
16:03	2.2	4.4	2	46%
16:14	19.1	19.4	17.4	6%
16:24	2.2	4.3	2.9	34%
16:34	2.2	4.4	2.9	35%
16:44	2.2	4.3	2.9	34%
16:54	2.2	0	2	87%
17:04	2.2	0	3	90%
17:14	2.2	0	2.9	89%
17:24	2.1	0	2.9	90%

Anexo C.4.3. Gráficos de voltaje de línea y de fase edificio de metrología.



Grafica de Voltajes de Línea



Grafica de Voltajes de Fase

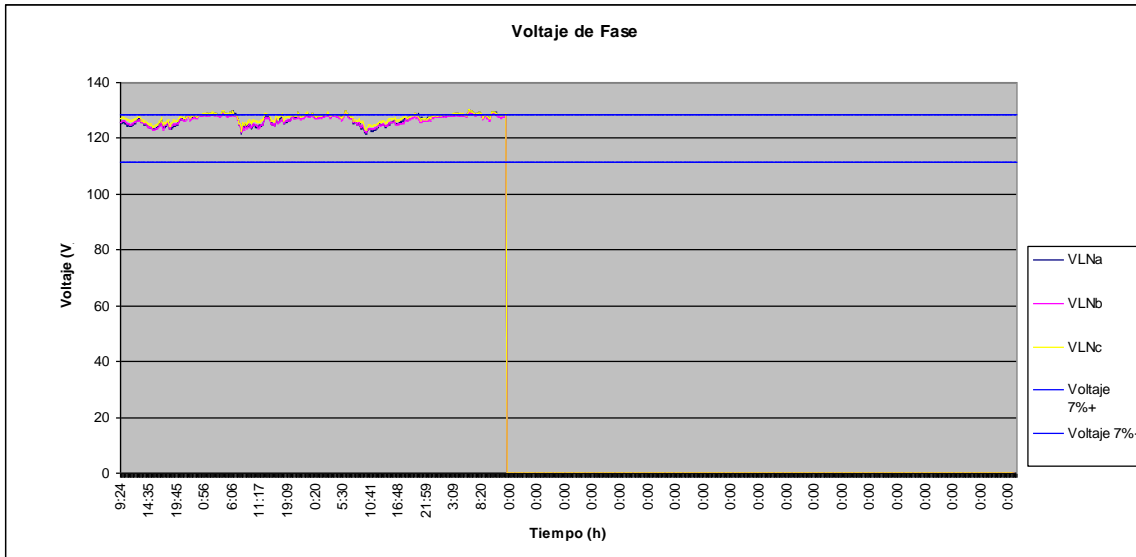
Anexo D.4.1. Tabla de muestra de factor de potencia del edificio de soldadura.

Tablero 1					Tablero 2			
<i>Hora</i>	<i>FPa</i>	<i>FPb</i>	<i>FPc</i>	<i>FP prom</i>	<i>Hora</i>	<i>FPa</i>	<i>FPb</i>	<i>FP prom</i>
9:24	0,767	0,985	1	0,917	8:13	0,065	0,094	0,080
9:34	0,785	0,281	1	0,689	8:23	0,098	0,081	0,090
9:44	0,763	0,985	1	0,916	8:33	0,075	0,07	0,073
9:54	0,76	0,985	1	0,915	8:43	0,086	0,07	0,078
10:04	0,964	0,983	1	0,982	8:53	0,074	0,073	0,074
10:14	0,462	0,954	0,605	0,674	9:04	0,076	0,075	0,076
10:24	0,736	0,399	1	0,712	9:14	0,088	0,075	0,082
10:34	0,769	0,982	1	0,917	9:24	0,082	0,063	0,073
10:44	0,777	0,983	1	0,920	9:34	0,09	0,082	0,086
10:54	0,774	0,983	1	0,919	9:44	0,088	0,085	0,087
11:04	0,703	0,527	1	0,743	9:54	1	1	1,000
11:14	0,781	0,983	1	0,921	10:04	0,576	0,597	0,587
11:24	0,775	0,983	1	0,919	10:14	1	1	1,000
11:34	0,779	0,983	1	0,921	10:24	1	1	1,000
11:44	0,777	0,983	1	0,920	10:34	1	1	1,000
11:54	1	0,99	1	0,997	10:44	1	1	1,000
12:04	0,998	0,99	1	0,996	10:54	1	1	1,000
12:14	1	0,989	1	0,996	11:05	1	1	1,000
12:24	1	0,989	1	0,996	11:15	1	1	1,000
12:34	1	0,989	1	0,996	11:25	1	1	1,000
12:44	1	0,989	1	0,996	11:35	1	1	1,000
12:54	1	0,99	1	0,997	11:45	1	1	1,000
13:04	0,01	0,99	0,879	0,626	11:55	1	1	1,000
13:14	0,004	0,99	0,856	0,617	12:05	1	1	1,000
13:24	1	0,99	1	0,997	12:15	1	1	1,000
13:34	1	0,99	1	0,997	12:25	1	1	1,000
13:44	0,043	0,99	0,83	0,621	12:35	1	1	1,000
13:54	0,029	0,991	0,896	0,639	12:45	1	1	1,000
14:04	0	0,991	0,846	0,612	12:55	1	1	1,000
14:15	0,03	0,992	0,885	0,636	13:06	1	1	1,000
14:25	0,232	0,971	0,442	0,548	13:16	1	1	1,000
14:35	0,236	0,964	0,476	0,559	13:26	1	1	1,000
14:45	0,256	0,967	0,498	0,574	13:36	1	1	1,000
14:55	0,189	0,967	0,463	0,540	13:46	1	1	1,000
15:05	0,255	0,967	0,466	0,563	13:56	1	1	1,000
15:15	0,258	0,97	0,494	0,574	14:06	1	1	1,000
15:25	0,252	0,969	0,512	0,578	14:16	1	1	1,000
15:35	0,241	0,972	0,488	0,567	14:26	1	1	1,000
15:45	0,225	0,97	0,499	0,565	14:36	1	1	1,000
15:55	0,203	0,968	0,516	0,562	14:46	1	1	1,000
16:05	0,202	0,967	0,435	0,535	14:56	1	1	1,000
16:15	0,191	0,971	0,493	0,552	15:07	1	1	1,000

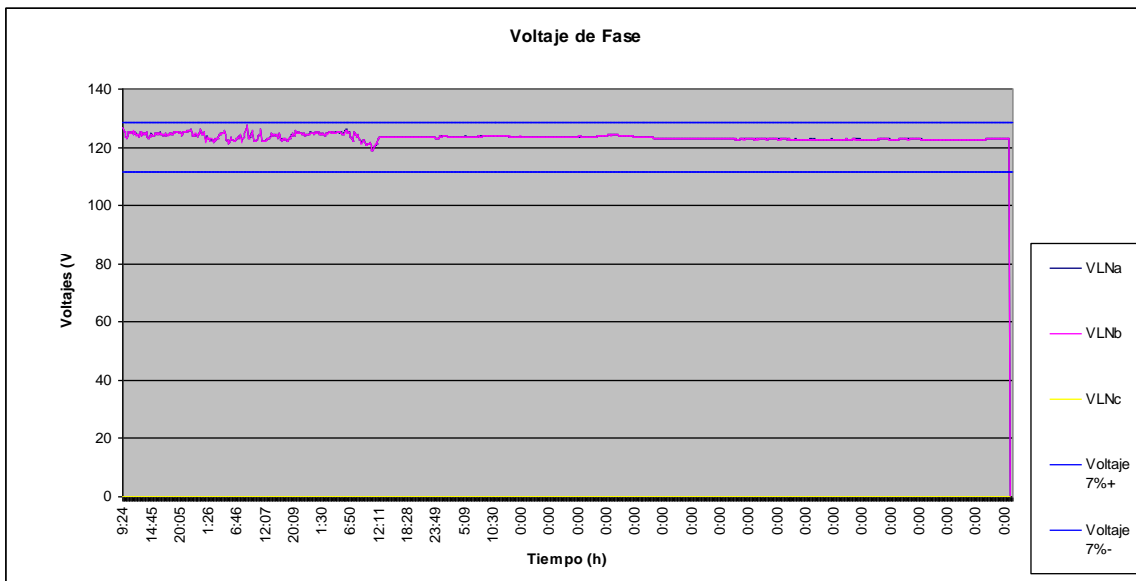
Anexo D.4.2. Tabla de muestra de corrientes del edificio de soldadura

Hora	la	lb	lc	Desbalance
9:24	2.4	14.9	0	139%
9:34	35.7	36.1	0	87%
9:44	2.4	14.9	0	139%
9:54	2.4	14.9	0	139%
10:04	10	12	0	88%
10:14	4.7	13.6	3.1	79%
10:24	23.4	24.2	0	87%
10:34	2.3	11.9	0	133%
10:44	2.3	11.8	0	133%
10:54	2.3	11.9	0	133%
11:04	15.7	15.9	0	87%
11:14	2.3	11.8	0	133%
11:24	2.4	11.7	0	131%
11:34	2.4	11.7	0	131%
11:44	2.4	11.8	0	132%
11:54	0	12	0	173%
12:04	6.7	12.9	0	99%
12:14	0	13	0	173%
12:24	0	13	0	173%
12:34	0	11.9	0	173%
12:44	0	12	0	173%
12:54	0	12.1	0	173%
13:04	6.1	12.1	5.9	44%
13:14	6	12.1	5.8	45%
13:24	0	12	0	173%
13:34	0	11.9	0	173%
13:44	6	11.9	5.8	44%
13:54	6	11.9	5.9	43%
14:04	6	14.9	5.7	59%
14:15	5.9	14.9	5.8	59%
14:25	7.4	21.6	10	58%
14:35	7.4	20.5	10	55%
14:45	7.4	20.4	10.2	54%
14:55	7.2	21.2	9.9	58%
15:05	7.2	20.4	9.9	56%
15:15	7.3	20.4	10	55%
15:25	7.3	20.4	10	55%
15:35	7.3	21.6	10.2	58%
15:45	7.3	20.5	10	55%
15:55	7.2	21.4	10.1	58%
16:05	8.5	24.9	11.1	59%
16:15	7.2	21.4	10.1	58%
16:25	7.4	21.3	10.1	57%
16:35	7.3	21.3	10.1	57%
16:45	7.5	21.3	10.2	56%
16:55	0	21.3	6.1	120%

Anexo D.4.3. Gráfico de los voltajes de fase del edificio de soldadura.

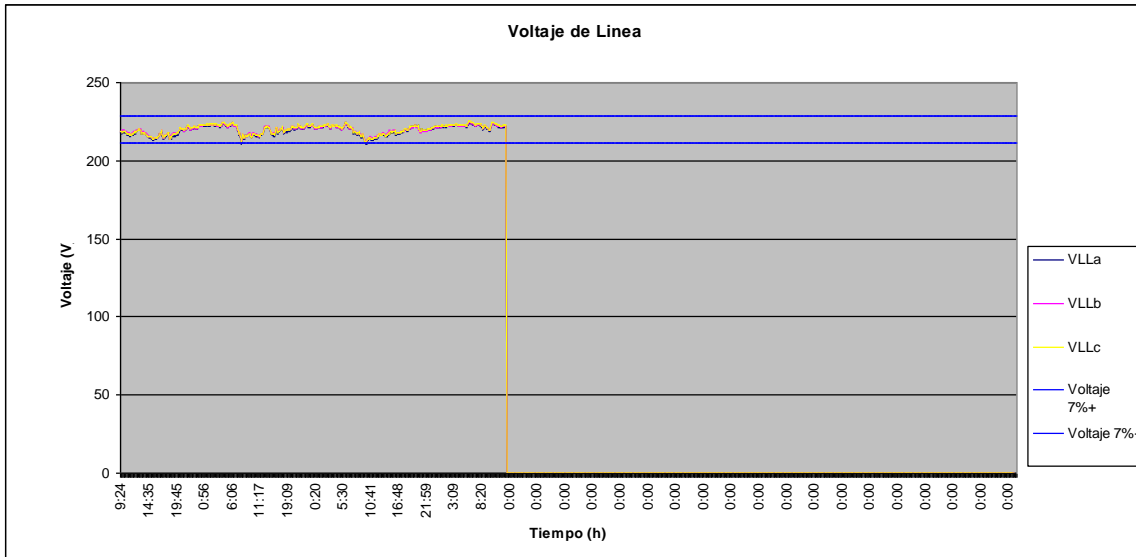


Gráfica de Voltajes de Fase del Tablero 1

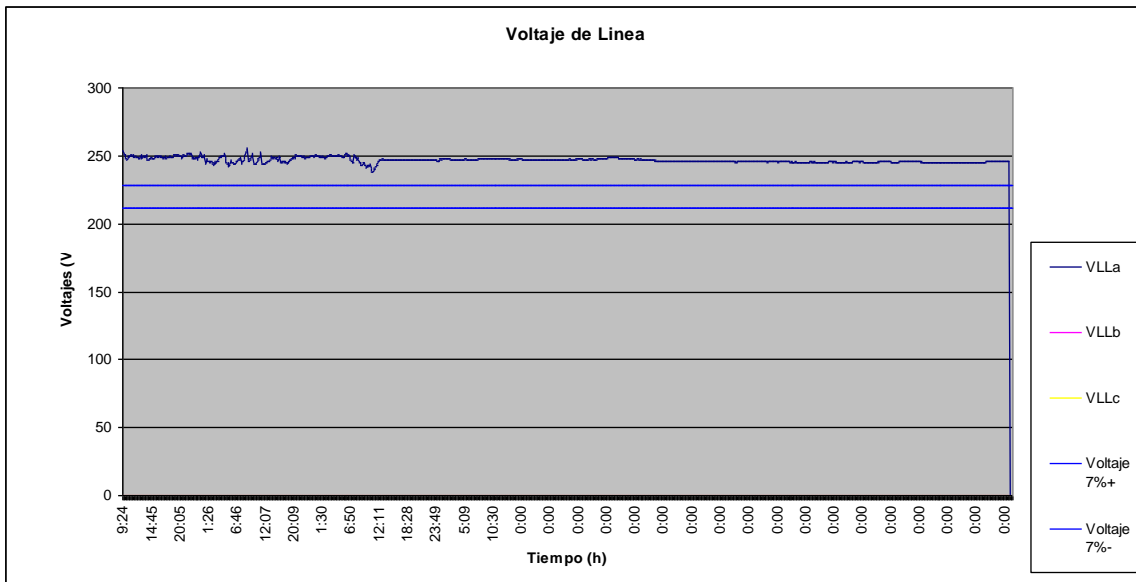


Gráfica de Voltajes de Fase del Tablero 2

Anexo D.4.4. Gráficos de voltajes de líneas del edificio de soldadura.



Gráfica de Voltajes de Línea del Tablero 1



Gráfica de Voltajes de Línea del Tablero 2

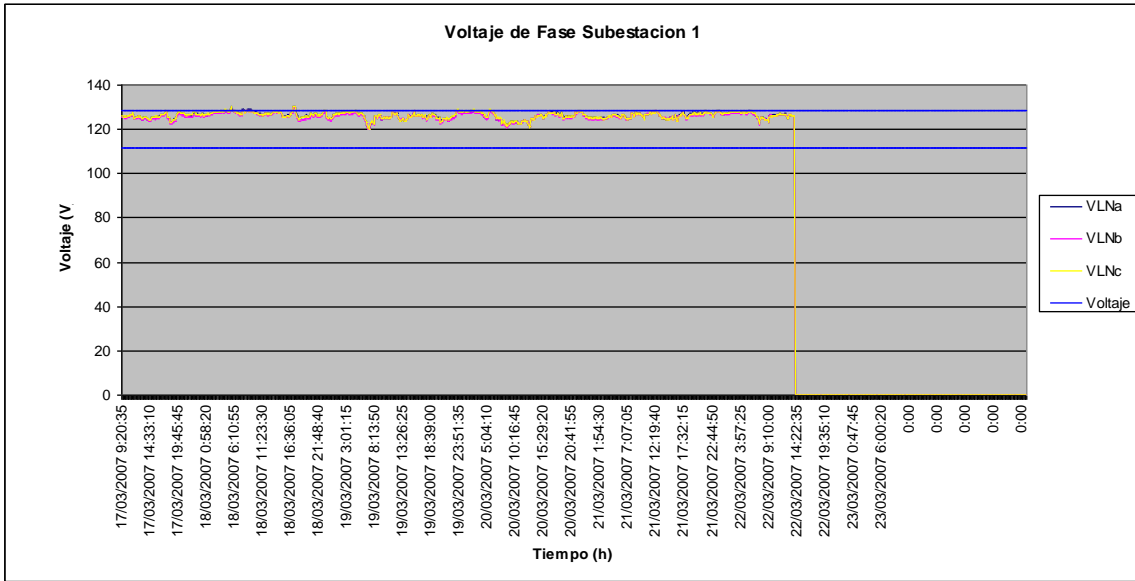
Anexo E.4.1. Tabla de muestra de factor de potencia de la subestación de eléctrica.

Fecha y Hora	FPa	FPb	FPc
3/3/2007 10:02	0.943	0.929	0.958
3/3/2007 10:12	0.959	0.925	0.932
3/3/2007 10:22	0.959	0.937	0.918
3/3/2007 10:32	0.947	0.931	0.942
3/3/2007 10:42	0.954	0.929	0.939
3/3/2007 10:52	0.945	0.937	0.935
3/3/2007 11:03	0.944	0.93	0.933
3/3/2007 11:13	0.932	0.932	0.934
3/3/2007 11:23	0.936	0.924	0.933
3/3/2007 11:33	0.937	0.925	0.939
3/3/2007 11:43	0.928	0.929	0.927
3/3/2007 11:53	0.942	0.931	0.927
3/3/2007 12:03	0.945	0.929	0.924
3/3/2007 12:13	0.948	0.934	0.928
3/3/2007 12:23	0.913	0.931	0.938
3/3/2007 12:33	0.894	0.927	0.938
3/3/2007 12:43	0.884	0.945	0.935
3/3/2007 12:53	0.868	0.95	0.933
3/3/2007 13:04	0.913	0.905	0.906
3/3/2007 13:14	0.924	0.928	0.909
3/3/2007 13:24	0.936	0.914	0.911
3/3/2007 13:34	0.914	0.911	0.912
3/3/2007 13:44	0.931	0.91	0.904
3/3/2007 13:54	0.939	0.898	0.901
3/3/2007 14:04	0.917	0.908	0.909
3/3/2007 14:14	0.966	0.906	0.92
3/3/2007 14:24	0.95	0.927	0.913
3/3/2007 14:34	0.936	0.931	0.923
3/3/2007 14:44	0.949	0.931	0.887
3/3/2007 14:54	0.951	0.942	0.916
3/3/2007 15:05	0.933	0.945	0.922
3/3/2007 15:15	0.942	0.946	0.903
3/3/2007 15:25	0.944	0.94	0.92
3/3/2007 18:26	0.946	0.793	0.775
3/3/2007 18:36	0.847	0.799	0.817
3/3/2007 18:46	0.851	0.8	0.892
3/3/2007 18:56	0.859	0.845	0.899
3/3/2007 19:07	0.887	0.794	0.84
3/3/2007 19:17	0.855	0.796	0.838
3/3/2007 23:49	0.788	0.756	0.835
3/3/2007 23:59	0.764	0.751	0.875
Promedio	0.892	0.871	0.882
Máximo	0.966	0.95	0.958
Mínimo	0.764	0.751	0.775

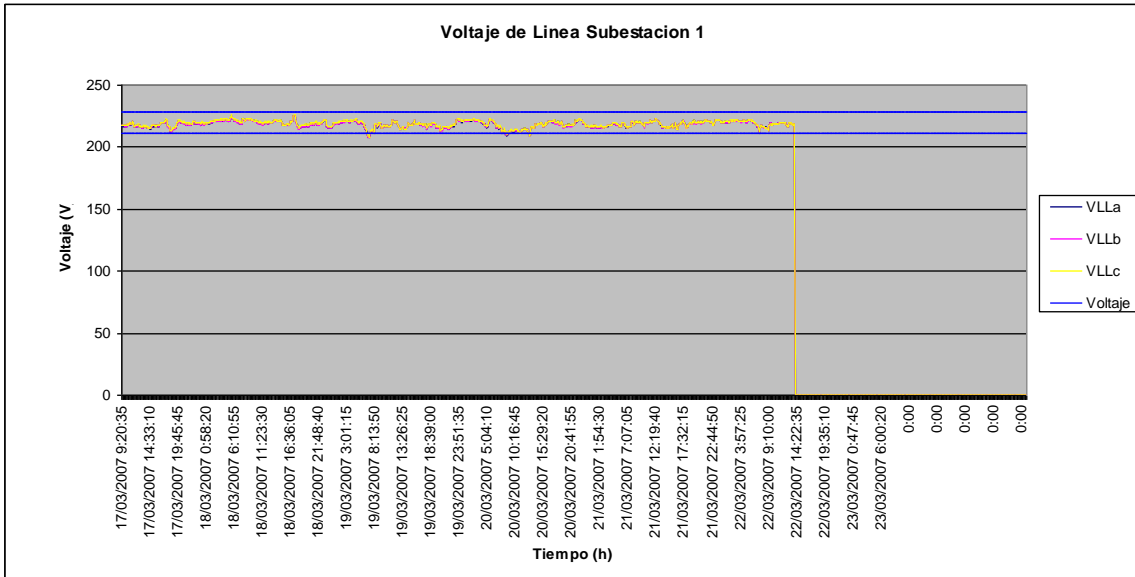
Anexo E.4.2. Tabla de muestra de corrientes de la subestación de eléctrica.

Fecha y Hora	Ia	Ib	Ic
3/3/2007 10:02	129.5	95.9	122.9
3/3/2007 10:12	115.8	84	108.9
3/3/2007 10:22	120.4	92.4	109.4
3/3/2007 10:32	136.5	111.1	129.3
3/3/2007 10:42	108.8	108.6	111.1
3/3/2007 10:52	108.5	104.9	112.7
3/3/2007 11:03	104.2	102.5	107.6
3/3/2007 11:13	122.7	116.6	126.6
3/3/2007 11:23	117	118.9	143.3
3/3/2007 11:33	117.2	118	153.4
3/3/2007 11:43	136.8	133.7	158.9
3/3/2007 11:53	104.1	102.1	125.9
3/3/2007 12:03	74.6	82.7	97.7
3/3/2007 12:13	78.5	83.1	99.3
3/3/2007 12:23	85.6	87.7	118.2
3/3/2007 12:33	47.5	61.7	84
3/3/2007 12:43	43	60.3	69.9
3/3/2007 12:53	48.2	63.7	72.5
3/3/2007 13:04	58.6	55.8	72.6
3/3/2007 13:14	80.7	72.9	88.3
3/3/2007 13:24	68.7	57.2	71.2
3/3/2007 13:34	102.6	82.2	103.4
3/3/2007 13:44	83.2	67.6	85.4
3/3/2007 13:54	72.4	53.4	68.8
3/3/2007 14:04	104.6	84	105
3/3/2007 14:14	53	37.9	52.8
3/3/2007 14:24	64.5	53.6	69.4
3/3/2007 14:34	85.4	70.5	89.1
3/3/2007 14:44	65	58.1	72.9
3/3/2007 14:54	62.1	58	72.1
3/3/2007 15:05	83.6	83.1	92.1
3/3/2007 15:15	82.5	83.9	90.4
3/3/2007 15:25	67.7	67.2	66.6
3/3/2007 15:35	89.7	92.5	94.7
3/3/2007 15:45	79.7	78.3	84.2
3/3/2007 15:55	80.9	79	83.3
3/3/2007 16:05	83.1	79.7	87.3
3/3/2007 16:15	81.6	79.8	86.8
3/3/2007 16:25	77.8	79	89.8
Promedio	84.80	78.88	92.21
Máximo	136.8	133.7	158.9
Mínimo	35.6	30	34.9

Anexo E.4.3. Voltaje de fase y de línea subestación de eléctrica.



Grafica de voltajes de fase de subestación de eléctrica.



Grafica de voltajes de línea de subestación de eléctrica.

Anexo F.4.1. Tabla de muestra de factor de potencia subestación de mecánica.

Fecha y hora	FPa	FPb	FPc
3/9/2007 15:58	0.936	0.96	0.974
3/9/2007 16:08	0.93	0.952	0.978
3/9/2007 16:18	0.932	0.963	0.995
3/9/2007 16:28	0.922	0.97	0.985
3/9/2007 16:38	0.91	0.962	0.99
3/9/2007 16:48	0.92	0.973	0.989
3/9/2007 16:58	0.918	0.967	0.981
3/9/2007 17:08	0.912	0.979	0.993
3/9/2007 17:19	0.919	0.957	0.984
3/9/2007 17:29	0.92	0.975	0.995
3/9/2007 17:39	0.915	0.963	0.982
3/9/2007 17:49	0.911	0.964	0.983
3/9/2007 17:59	0.932	0.976	0.997
3/9/2007 18:09	0.907	0.959	0.981
3/9/2007 18:19	0.91	0.969	0.983
3/9/2007 18:29	0.916	0.956	0.953
3/9/2007 18:39	0.923	0.937	0.926
3/9/2007 18:49	0.933	0.966	0.939
3/9/2007 18:59	0.953	0.981	0.968
3/9/2007 19:09	0.934	0.962	0.916
3/9/2007 19:20	0.935	0.952	0.901
3/9/2007 19:30	0.929	0.956	0.894
3/9/2007 19:40	0.927	0.951	0.893
3/9/2007 19:50	0.919	0.957	0.897
3/9/2007 20:00	0.932	0.967	0.878
3/9/2007 20:10	0.92	0.962	0.862
3/9/2007 20:20	0.93	0.953	0.877
3/9/2007 20:30	0.925	0.95	0.923
3/9/2007 20:40	0.905	0.939	0.953
3/9/2007 20:50	0.899	0.942	0.958
3/9/2007 21:00	0.903	0.937	0.957
3/9/2007 21:10	0.883	0.923	0.968
3/9/2007 21:21	0.881	0.923	0.924
3/9/2007 21:31	0.87	0.929	0.923
3/9/2007 21:41	0.901	0.922	0.955
3/9/2007 21:51	0.907	0.924	0.926
3/9/2007 22:01	0.869	0.92	0.932
3/9/2007 22:11	0.891	0.926	0.948
3/9/2007 22:21	0.88	0.93	0.93
Promedio	0.908	0.945	0.945
Máximo	0.953	0.981	0.997
Mínimo	0.866	0.909	0.862

Anexo F.4.2. Tabla de muestra de corriente de fase de subestación de mecánica.

Fecha y hora	Ia	Ib	Ic
3/9/2007 15:58	390.7	345.2	409.1
3/9/2007 16:08	402.6	333	375.5
3/9/2007 16:18	354.9	271.3	346.1
3/9/2007 16:28	380.3	318.7	385.6
3/9/2007 16:38	351.2	261.9	342.8
3/9/2007 16:48	347.5	285.5	352.4
3/9/2007 16:58	342	259.5	343.4
3/9/2007 17:08	354.1	259.3	347.2
3/9/2007 17:19	276.1	182.1	251.6
3/9/2007 17:29	275.4	196.2	259.4
3/9/2007 17:39	266.6	169.1	238.9
3/9/2007 17:49	230.4	149.5	199
3/9/2007 17:59	249.2	179.5	235.6
3/9/2007 18:09	237.7	143.8	206.9
3/9/2007 18:19	247.4	150.3	229.6
3/9/2007 18:29	307.8	131.5	280.1
3/9/2007 18:39	314.1	122.3	276.9
3/9/2007 18:49	280.1	116.7	248.4
3/9/2007 18:59	216.4	128.2	192.3
3/9/2007 19:09	199.2	74.2	171.8
3/9/2007 19:20	188.5	68.1	165.2
3/9/2007 19:30	174.2	62.9	158.8
3/9/2007 19:40	171.6	57	156
3/9/2007 19:50	162.7	55.2	154.8
3/9/2007 20:00	149.4	43.3	135.6
3/9/2007 20:10	134.3	44.3	126.3
3/9/2007 20:20	128.5	34.9	110.9
3/9/2007 20:30	90.2	38.2	86
3/9/2007 20:40	44.4	35.1	36.4
3/9/2007 20:50	39.8	32.2	34.6
3/9/2007 21:00	44	35.2	39
3/9/2007 21:10	35.3	29.5	30.4
3/9/2007 21:21	24.9	32.8	21.4
3/9/2007 21:31	24.4	29.6	20.4
3/9/2007 21:41	29.4	32.6	25.4
3/9/2007 21:51	29.1	29.4	21.5
3/9/2007 22:01	25.5	32.8	22.5
3/9/2007 22:11	30.2	32.9	24.7
3/9/2007 22:21	25.7	29.7	23
3/9/2007 22:31	29.3	33.1	21.5
Promedio	160.01	105.15	148.83
Máximo	402.6	345.2	409.1
Mínimo	24.4	29.4	19.5

Anexo 5.1 Partes que componen la factura eléctrica de AES.

Datos de la cuenta que guían el reparto de tu factura

Datos de la Demanda facturada y Capacidad de Suministro

Anexo 5.1 Partes que componen la factura eléctrica de AES.

TARIFA MD6 - MT con med Hor
SEC.RUTA 2551-85-2-3697

Datos de la tarifa

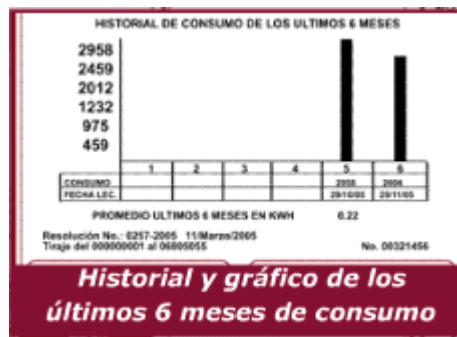
DETALLE DE CARGOS VARIOS Y OTROS INGRESOS

CONCEPTOS GRAVADOS

SUBTOTAL
 IVA
 VENTAS EXENTAS

41.25

Detalle de otros cargos y abonos



LECTURAS Y CONSUMOS

TIPOS	ACTUAL	LECTURAS ANTERIOR	
CONSUMO			
Hora Punta (18:00-22:59H)	9.00	8.49	38.45
Hora Valle (23:00 - 04:59H)	4.	4.60	0.00
Hora Resto (05:00 - 17:59H)	222.22	200.05	1525.75
DEMANDA (KW)	0.45	0.40	22.33
Factor de Po	0.66		

Detalle de lecturas del medidor y consumo de energía para los tres horarios de utilización

Anexo 5.1 Partes que componen la factura eléctrica de AES.

Energía Resto in	93251436	50.0	KWH	2.50					
Dem. max. MT	93251436	50.0	KW	2.50					
PRECIO TARIFA APLICADA									
INICIO	FINAL	ENERGIA	PUNTA	RESTO	VALLE	DEMANDA	CUR	CURV	CAC
29/10/2005	28/11/2005		0.1025984	0.088880				5.1765895	

*Detalle de precios aplicados por Uso de Red (Demanda) y por Energía, para los tres horarios:
Punta: de las 18:00 a 22:59 horas
Resto: de las 5:00 a 17:59 horas
Valle: de las 23:00 a 04:59 horas*

TOTAL A PAGAR	COLONES	3215.65
CAESS	DOLARES	357.69
No. 00221456		

Total a pagar por consumo de electricidad, en colones y dólares

Anexo 5.2 Pliego tarifario para energía eléctrica año 2007.

SUPERINTENDENCIA GENERAL DE ELECTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONES

TARIFAS PRECIOS MAXIMOS PARA EL SUMINISTRO ELECTRICO VIGENTES A PARTIR DEL 01 DE ENERO DE 2007 (EN U.S. DOLARES)

I. PEQUEÑAS DEMANDAS (0 < kW ≤ 10)

BAJA TENSION

Residencial (consumo ≤ 200 kWh)

	CAESS	DEL SUR	AES CLESA	EEO	DEUSEM
Cargo de Comercialización:					
Cargo Fijo \$ / Usuario	0,714355	0,714355	0,714355	0,714355	0,714355
Cargo por Consumo:					
Cargo Variable \$ / kWh	0,103606	0,105290	0,104930	0,105124	0,104164
Cargo por Uso de Red:					
Cargo Fijo \$ / Mes	0,845713	1,097934	1,152228	1,288115	1,206690
Cargo Variable \$ / kWh	0,030678	0,041906	0,044162	0,049624	0,051027

Residencial (consumo > 200 kWh)

	CAESS	DELSUR	CLESA	EEO	DEUSEM
Cargo de Comercialización:					
Cargo Fijo \$ / Usuario	0,714355	0,714355	0,714355	0,714355	0,714355
Cargo por Consumo:					
Cargo Variable \$ / kWh	0,103282	0,104959	0,104607	0,104801	0,103827
Cargo por Uso de Red:					
Cargo Fijo \$ / Mes	1,190715	1,564365	1,643343	1,839548	1,763757
Cargo Variable \$ / kWh	0,030290	0,040607	0,042955	0,048209	0,048406

Uso General

	CAESS	DELSUR	CLESA	EEO	DEUSEM
Cargo de Comercialización:					
Cargo Fijo \$ / Usuario	0,714355	0,714355	0,714355	0,714355	0,714355
Cargo por Consumo:					
Cargo Variable \$ / kWh	0,104679	0,106279	0,105898	0,106004	0,105038
Cargo por Uso de Red:					
Cargo Fijo \$ / Mes	1,945276	2,617281	2,754617	3,091213	3,096494
Cargo Variable \$ / kWh	0,028980	0,038827	0,040987	0,045858	0,045934

Alumbrado Público

	CAESS	DELSUR	CLESA	EEO	DEUSEM
Cargo de Comercialización:					
Cargo Fijo \$ / Usuario	0,714355	0,714355	0,714355	0,714355	0,714355
Cargo por Consumo:					
Cargo Variable \$ / kWh	0,094479	0,096197	0,096063	0,096445	0,095220
Cargo por Uso de Red:					
Cargo Variable \$ / kWh	0,038585	0,051917	0,054644	0,061317	0,061414

Anexo 5.2 Pliego tarifario para energía eléctrica año 2007.

SUPERINTENDENCIA GENERAL DE ELECTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONES

TARIFAS

PRECIOS MAXIMOS PARA EL SUMINISTRO ELECTRICO VIGENTES A PARTIR DEL 01 DE ENERO DE 2007
(EN U.S. DOLARES)

II. MEDIANA DEMANDA (10 < kW ≤ 50)

BAJA TENSION CON MEDIDOR ELECTROMECANICO

(Con Medición de Potencia)

	CAESS	DEL SUR	AES CLESA	EEO	DEUSEM
Cargo de Comercialización:					
Cargo Fijo \$ / Usuario	0,714355	0,714355	0,714355	0,714355	0,714355
Cargo por Consumo:					
Cargo Variable \$ / kWh	0,102871	0,104533	0,104193	0,104381	0,103387
Cargo por Uso de Red:					
Potencia \$ / kW-mes	12,678212	17,054429	17,950163	20,142820	20,178244

MEDIA TENSION CON MEDIDOR ELECTROMECANICO

(Con Medición de Potencia)

	CAESS	DEL SUR	AES CLESA	EEO	DEUSEM
Cargo de Comercialización:					
Cargo Fijo \$ / Usuario	0,714355	0,714355	0,714355	0,714355	0,714355
Cargo por Consumo:					
Cargo Variable \$ / kWh	0,094642	0,096188	0,095853	0,096028	0,095116
Cargo por Uso de Red:					
Potencia \$ / kW-mes	4,989776	8,524464	9,407321	10,494958	12,148759

III. MEDIANA DEMANDA (10 < kW ≤ 50)

BAJA TENSION CON MEDIDOR HORARIO

	CAESS	DEL SUR	AES CLESA	EEO	DEUSEM
Cargo de Comercialización:					
Atención al Cliente \$ / Usuario	0,714355	0,714355	0,714355	0,714355	0,714355
Cargo por Consumo:					
Energía en Punta \$ / kWh	0,110181	0,112111	0,111588	0,111850	0,111205
Energía en Resto \$ / kWh	0,105839	0,107363	0,106959	0,106981	0,106016
Energía en Valle \$ / kWh	0,082117	0,083727	0,083912	0,084420	0,082764
Cargo por uso de Red:					
Potencia: \$ / kW-mes	12,678212	17,054429	17,950163	20,142820	20,178244

MEDIA TENSION CON MEDIDOR HORARIO

	CAESS	DEL SUR	AES CLESA	EEO	DEUSEM
Cargo de Comercialización:					
Cargo Fijo \$ / Usuario	0,714355	0,714355	0,714355	0,714355	0,714355
Cargo por Consumo:					
Energía en Punta \$ / kWh	0,101366	0,103138	0,102637	0,102898	0,102308
Energía en Resto \$ / kWh	0,097372	0,098770	0,098398	0,098418	0,097535
Energía en Valle \$ / kWh	0,075547	0,077025	0,077196	0,077863	0,076143
Cargo por uso de Red:					
Potencia: \$ / kW-mes	4,989776	8,524464	9,407321	10,494958	12,148759

Anexo 5.2 Pliego tarifario para energía eléctrica año 2007.

SUPERINTENDENCIA GENERAL DE ELECTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONES

TARIFAS
PRECIOS MAXIMOS PARA EL SUMINISTRO ELECTRICO VIGENTES A PARTIR DEL 01 DE ENERO DE 2007
(EN U.S. DOLARES)

IV. GRANDES DEMANDAS (>50 kW)

BAJA TENSION CON MEDIDOR HORARIO					
	CAESS	DEL SUR	AES CLESA	EEO	DEUSEM
Cargo de Comercialización:					
Atención al Cliente \$ / Usuario	0,714355	0,714355	0,714355	0,714355	0,714355
Cargo por Consumo:					
Energía en Punta \$ / kWh	0,110181	0,112111	0,111588	0,111850	0,111205
Energía en Resto \$ / kWh	0,105839	0,107363	0,108959	0,108981	0,108018
Energía en Valle \$ / kWh	0,082117	0,083727	0,083912	0,084420	0,082764
Cargo por uso de Red:					
Potencia: \$ / KW-mes	12,676212	17,054429	17,950183	20,142620	20,176244

MEDIA TENSION CON MEDIDOR HORARIO

	CAESS	DEL SUR	AES CLESA	EEO	DEUSEM
Cargo de Comercialización:					
Cargo Fijo \$ / Usuario	0,714355	0,714355	0,714355	0,714355	0,714355
Cargo por Consumo:					
Energía en Punta \$ / kWh	0,101388	0,103138	0,102637	0,102898	0,102308
Energía en Resto \$ / kWh	0,097372	0,098770	0,098398	0,098418	0,097535
Energía en Valle \$ / kWh	0,075547	0,077025	0,077196	0,077683	0,076143
Cargo por uso de Red:					
Potencia: \$ / KW-mes	4,969776	8,524464	9,407321	10,494958	12,146759

BAJA TENSION CON MEDIDOR ELECTROMECANICO					
	CAESS	DEL SUR	AES CLESA	EEO	DEUSEM
Cargo de Comercialización:					
Cargo Fijo \$ / Usuario	0,714355	0,714355	0,714355	0,714355	0,714355
Cargo por Consumo:					
Cargo Variable \$ / kWh	0,102871	0,104633	0,104193	0,104381	0,103387
Cargo por Uso de Red:					
Potencia \$ / KW-mes	12,676212	17,054429	17,950183	20,142620	20,176244

MEDIA TENSION CON MEDIDOR ELECTROMECANICO					
	CAESS	DEL SUR	AES CLESA	EEO	DEUSEM
Cargo de Comercialización:					
Cargo Fijo \$ / Usuario	0,714355	0,714355	0,714355	0,714355	0,714355
Cargo por Consumo:					
Cargo Variable \$ / kWh	0,094642	0,096166	0,095853	0,096026	0,095116
Cargo por Uso de Red:					
Potencia \$ / KW-mes	4,969776	8,524464	9,407321	10,494958	12,146759

Anexo 6.1 Compensación individual

Tamaño del capacitor

La potencia del capacitor a conectar directamente con el motor puede ser determinado de acuerdo a uno de los siguientes métodos:

- Multiplicar por 1/3 el valor del motor expresado en hp.
- El 40% de la potencia del motor en kW.
- Consultar tablas con valores recomendados por NEMA (National Electrical Manufacturers Association).
- Cabe destacar que la compensación individual de motores menores de 10 kW generalmente no se utiliza.

Compensación individual en transformadores de distribución.

Otro método para corregir el factor de potencia es compensar la potencia reactiva en los transformadores de distribución. La potencia total del banco de capacitores se calcula para compensar la potencia reactiva absorbida por el transformador en vacío, que es del orden del 5 al 10% de la potencia nominal.

De acuerdo con las normas técnicas para instalaciones eléctricas, con el fin de evitar fenómenos de resonancia y sobretensión en vacío, la potencia total del banco de capacitores no debe exceder el 10% de la potencia nominal (en kVA) del transformador.

Existen tablas con valores recomendados para la compensación individual de la potencia inductiva en los transformadores de distribución, en donde a la potencia nominal de cada transformador se le ha asignado la correspondiente potencia del capacitor requerido, el cual deberá instalarse en el secundario del transformador.

Anexo 6.1 Compensación individual

Potencia nominal del transformador	Potencia reactiva del capacitor en Kva.
100	4
160	6
250	15
400	25
630	40
1000	60
1600	100

Tabla de valores de capacitores para compensación individual en transformadores.

Anexo 6.2 Calculo del factor de reducción de pérdidas en los cables.

$$k = \left[1 - \left(\frac{\text{Cos}\phi_1}{\text{Cos}\phi_2} \right)^2 \right] \times 100$$

Donde:

$\text{Cos}\phi_1$ = Factor de potencia antiguo

$\text{Cos}\phi_2$ = Factor de potencia nuevo

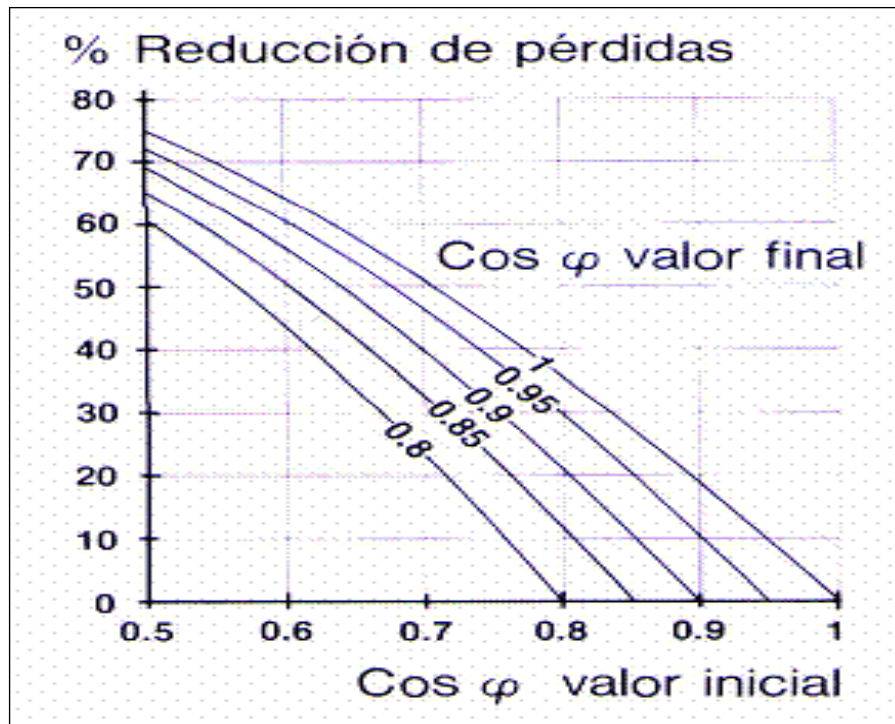


Figura 1. Pérdidas en conductores eléctricos.

Anexo 6.3 Pasos para el cálculo de ahorro de energía en el cambio de factor de potencia.

1. Determinar la corriente de fase.

$$I_1 = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \phi_1}$$

$$I_2 = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \phi_2}$$

Donde:

I_1 = Corriente de fase en amperios (A) con $\cos \phi_1$

I_2 = Corriente de fase en amperios (A) con $\cos \phi_2$

P = Carga eléctrica en Watts (W)

2. Conocer la resistencia eléctrica total en ohms de los cables de alimentación.

$$R_T = R_{cable} * L_{cable}$$

Donde:

R_T = Resistencia eléctrica total en ohms (Ω)

R_{Cable} = Resistencia del cable en ohms (Ω)

L_{Cable} = Longitud del cable en metros (m)

Anexo 6.3 Pasos para el cálculo de ahorro de energía en el cambio de factor de potencia.

3. Determinar las pérdidas térmicas al pasar de un FP inicial (Cos ϕ_1) a un valor final (Cos ϕ_2).

$$P_1 = 3R_T I_1^2$$

$$P_2 = 3R_T I_2^2$$

Donde:

P_1 = Carga eléctrica en Watts (W) con Cos ϕ_1

P_2 = Carga eléctrica en Watts (W) con Cos ϕ_2

R_T = Resistencia eléctrica total en ohms (Ω)

4. Reducción en pérdidas térmicas (ΔP).

$$\Delta P = P_1 - P_2 \text{ [watts]}$$

$$\Delta P = \left(\frac{P_1 - P_2}{P_1} \right) \text{ [%]}$$

5. Determinar la diferencia de consumo anual de energía eléctrica (kWh/año).

$$\text{Diferencia_consumo_de_energía} = \frac{(P_1 - P_2) \times (\text{horas/mes}) \times 12}{1000}$$

Anexo 6.4 Liberación de potencia del transformador por medio del factor de potencia.

La carga total del transformador se mide en kVA:

$$kVA = \sqrt{kW^2 + kVAr^2}$$

Donde:

kW = Potencia activa

$kVAr$ = Potencia reactiva

La potencia liberada en el transformador mientras se mantiene la misma potencia activa, puede ser expresada por:

$$kVA = kW \left(\frac{1}{\cos \phi_1} - \frac{1}{\cos \phi_2} \right)$$

Donde:

kW = Carga máxima de potencia activa

$\cos \phi_1$ = Factor de potencia inicial

$\cos \phi_2$ = Factor de potencia final o deseado

Anexo 6.5 Monitores LCD para ahorro de energía.

Los monitores LCD o monitores planos, como mejor se los conoce, no sólo son prácticos por la posibilidad de colocarlos en cualquier espacio, sino que además poseen una estética moderna. Pero lo más importante es el ahorro de energía, que comparado con los ya antiguos y voluminosos monitores de tubos de rayos catódicos (CRT) hace una gran diferencia. Un monitor CRT de 19 pulgadas puede tener un consumo promedio de 100 W. Un LCD de igual dimensión gasta 33 W. Si pensamos esta diferencia a lo largo de todo un año, el ahorro se notará de manera indiscutible.

Otro factor que se considera en cuanto al ahorro energético es que los antiguos monitores CRT emiten mucho calor, tanto como un ser humano; esto quiere decir que en una oficina en la cual trabajan 20 empleados cada cual con su computadora, representaría como si estuvieran trabajando 40 personas. Esto implica equipos de aire acondicionado más potentes y por lo tanto mayor gasto de energía.

En cuanto al cuidado de un monitor LCD, no puede limpiarlo de la misma manera que limpiaba el antiguo CRT pasando un paño con alcohol isopropílico. A un monitor de LCD sólo debe pasarle un paño de franela muy suave sin más. No lo limpie con papel pues lo puede dañar dejándole marcas.

Es conveniente apagarlo o dejarlo en "stand by" cuando no se utiliza.



En cuanto a la vida útil de un monitor de pantalla de cristal líquido (LCD), a las 50 mil horas de uso tiene un brillo máximo de un 50% del que alcanzaba cuando lo encendimos por primera vez. Esto aventaja a los CRT y los plasmas que llegan a ese valor mucho antes, a las 20 mil horas.

Anexo 6.6 Capacitor para corrección de factor de potencia.

Características.

- ✓ Trifásico
- ✓ Potencia: 5 - 25 kVAR
- ✓ Tensiones: 240 - 480V 60 Hz
- ✓ Marca SIEMENS
- ✓ Tecnología SH-MKP
- ✓ Tipo Seco-Encapsulado en resina flexible
- ✓ Desconector de seguridad por sobrepresión
- ✓ SIGUT sistema de clemas
- ✓ Potencia 5-25kVar, 240/480V
- ✓ Clase de temperatura -25° C a 55° C
- ✓ Standard IEC 831-1/2 – CE - UL



Ventajas.

- ✓ Capacidad de sobre corriente 1.3 In (1.5 Máx.)
- ✓ Corriente de Inserción 200 In
- ✓ Expectativa de vida 100 000 Horas
- ✓ Diseño compacto para menor espacio de panel.
- ✓ Alta confiabilidad y seguridad.
- ✓ Aptos para filtros desintonizados de PFC.